

СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

Иваново, 20-21 сентября 2017 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 МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
ПОСВЯЩЕННОЙ ГОДУ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ**

ИВАНОВО, 20–21 СЕНТЯБРЯ 2017 г.

MODERN FIREPROOF MATERIALS AND TECHNOLOGIES

COLLECTION OF MATERIALS
OF THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE,
DEDICATED TO THE YEAR OF CIVIL DEFENSE

IVANOV, SEPTEMBER 20–21, 2017

УДК 614.842
ББК 38.96
С 56

Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны, Иваново, 20–21 сентября 2017 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – 396 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. техн. наук, доцент **В. Б. Бубнов**
канд. техн. наук **А. Х. Салихова**
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)
cand. of techn. sciences, docent **V.B. Bubnov**
cand. of techn. sciences **A.H. Salikhova**
cand. of techn. sciences, docent **V. I. Popov**
cand. of philol. sciences **J. V. Shmeleva**

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

<i>Акулова М. В., Мочалов А. М., Лебедев Д. В., Родионов Е. Г.</i> О безопасности самозатухающего пенополистирола	9
<i>Богданов И. А., Таратанов Н. А.</i> Получение микродобавок, обеспечивающих существенное уменьшение времени тушения	12
<i>Богданов И. А., Таратанов Н. А., Лебедева Н. Ш.</i> Получение наночастиц кремнезема для создания самоорганизующихся структур с ПАВ.....	18
<i>Богданова В. В., Кобец О. И., Бурая О. Н., Иванов И. Ю.</i> Термовспенивающиеся композиты для создания теплоизолирующих барьеров.....	23
<i>Васин А. Я., Шушпанов А. Н., Аносова Е. Б., Черепихина И. И., Канаева О. С.</i> Оценка пожаровзрывоопасных свойств лекарственных препаратов АДР-1205 и АДК-175	28
<i>Воронцова А. А., Калашников Д. В., Липский А. А., Ратов Н. А., Эсатов О. А., Гаранин Е. С.</i> Оценка влияния температурного воздействия на строительные конструкции объектов защиты для целей расследования причин пожаров.....	35
<i>Воронцова А. А., Панев Н. М., Никифоров А. Л., Петров А. В., Александров А.А., Эсатов О. А.</i> Исследование огнезащитных свойств покрытий на строительных материалах из древесины спектральными и термическими методами анализа.....	40
<i>Гавахунова Р. А., Устинов А. А., Зыбина О. А.</i> Повышение эксплуатационной эффективности вспучивающихся огнезащитных покрытий для строительных конструкций	44
<i>Есина М. Г., Хонгорова О. В., Соколов А. К.</i> Методы определения теплофизических свойств материалов по измеренным в экспериментах температурным полям.....	49
<i>Карасев, Е. В. Таратанов Н. А.</i> Оценка пригодности метода определения зажигательной способности искры, образующейся при горении материалов в системах.....	53
<i>Коломейцева Э. А., Морыганов А. П.</i> Новые экологически безопасные препараты для получения огнестойких текстильных материалов, древесины, фенолформальдегидных смол.....	57
<i>Короткевич С. Г., Ковтун В. А.</i> Исследование свойств композитных материалов путём применения компьютерного моделирования.....	64
<i>Кропотова Н. А., Архангельский К. Н., Мусеева Е. Ю., Кочетков Л. В.</i> Разработка огнезащитного покрытия и оценка его поведения в условиях повышенных температур.....	69
<i>Кудряшов В. А., Ботян С. С.</i> Методика оценки эффективных значений коэффициента теплопроводности при огневом воздействии для цементных армированных стекловолокном плит	77

<i>Кудряшов В. А., Жамойдик С. М.</i> Огнестойкость конструкций покрытия на основе профилированных листов с трапециевидными гофрами, уложенных с пролетом между несущими элементами 6 метров	83
<i>Кудряшов В. А., Дробыш А. С.</i> Оценка горючести и теплостойкости композитных материалов.....	88
<i>Кудряшов В. А., Кураченко И. Ю.</i> Способы определения деформаций в поперечном сечении изгибаемых железобетонных конструкций при стандартных огневых испытаниях	92
<i>Кузнецова, Е. Н. Мамедов А. Ш.</i> Повышение надежности оценки углей по фактору самовзгорания	97
<i>Лебедева Н. Ш., Таратанов Н. А., Барина Е. В., Богданов И. А.</i> Сравнительная характеристика кремнеземов, полученных золь-гель синтезом	100
<i>Мифтахутдинова А. А.</i> Диспергирование наночастиц в системе ЛВЖ с целью обеспечения пожарной безопасности нефтепродуктов.....	106
<i>Наумов Ю. В., Булгаков В. В., Булгакова М. А.</i> Основные результаты исследований по разработке методики контроля огнезащитных свойств составов, нанесенных на объектах защиты	111
<i>Петров А. В., Кувшинова С. А., Гессе Ж. Ф., Фролова Т. В.</i> Исследование термостойкости поливинилхлоридных пленочных материалов.....	116
<i>Покровская Е. Н., Портнов Ф. А.</i> Мягкое поверхностное химическое модифицирование – метод создания долговечных огнезащитных материалов.....	119
<i>Полевода И. И., Жамойдик С. М., Кудряшов В. А.</i> Огнестойкость стальных колонн с конструктивной огнезащитой на основе гипсовых армированных стекловолокном плит	122
<i>Рева О. В., Богданова В. В., Криваль Д. В.</i> Сравнительные характеристики фосфатов и полифосфатов различного состава для огнезащиты полиамидной матрицы.....	128
<i>Рева О. В., Богданова В. В., Лукьянов А. С.</i> Эффективность химической прививки синтетических огнезащитных составов к полиэфирным материалам в зависимости от их комплексного состава	132
<i>Рева О. В., Богданова В. В., Назарович А. Н.</i> Избирательность закрепления соединений металлов нетоксичных неорганических композиций на поверхности полиэфирного волокна	137
<i>Соколов А. К., Егорова Н. Е., Арбузова А. А.</i> Методы определения теплофизических свойств материалов по измеренным в экспериментах температурным полям	142
<i>Сусоева И. В., Вахнина Т. Н.</i> Снижение горючести композитов на основе растительного сырья	148
<i>Сырбу С. А., Салихова А. Х., Винокуров М. В.</i> Исследование показателей пожарной опасности текстильных материалов декоративного назначения, обработанных антипиренами.....	152
<i>Таратанов Н. А.</i> Исследование композиционных материалов для обеспечения пожарной безопасности	158

<i>Устинов А. А., Гавахунова Р. А., Зыбина О. А.</i> Модификация интумесцентных составов углеродными каркасными структурами	163
<i>Чистяков В. П., Русаков Ю. С., Манило И. И., Зыков В. И., Кондратов К. С., Воинков В. П.</i> Анализ продуктов горения материалов, изготовленных на основе высокомолекулярных соединений	169
<i>Ширяев Е. В.</i> О влиянии гранулированной подложки из пеностекла на зону реакции горения пролива нефтепродуктов	171

**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**

<i>Архангельский К. Н., Киселев В. В.</i> Актуальность разработки огнестойких покрытий для защиты металлоконструкций от пожаров	177
<i>Баканов М. О., Никишов С. Н.</i> Применение метода «микропроцессов» при математическом моделировании процесса термической обработки пеностекляной шихты	181
<i>Баталов И. Р., Жичин А. С., Азовцев А. Г., Сырбу С. А.</i> О необходимости исследования образования пирофорных отложений в резервуарах для хранения прямогонного бензина и топочного мазута	189
<i>Бобрышева С. Н.</i> Минеральные добавки для снижения горючести полимерных и композиционных материалов	191
<i>Богданова В. В., Кобец О. И.</i> Огнепреграждающий состав для предупреждения и тушения природных пожаров	195
<i>Бодров М. А., Азовцев А. Г., Сырбу С. А.</i> Определение времени достижения концентрации кислорода при опорожнении резервуара для хранения нефти и нефтепродуктов	201
<i>Бочкарев А. Н., Кнутов М. С., Харламов Р. И., Семенов А. Д.</i> Устройство на основе вихревого теплогенератора для подогрева рукавных линий в условиях отрицательных температур	205
<i>Волкова К. М., Топоров А. В.</i> Технология изготовления магнитоуправляемой наножидкости для удаления нефтепродуктов с поверхности воды	211
<i>Демехин Ф. В., Михайлова В. И., Скрипник И. Л.</i> Повышение эффективности установок тепловой защиты резервуаров для хранения нефтепродуктов в условиях углеводородного пожара	214
<i>Дмитриев О. В., Попов В. И.</i> Огнетушащие порошки	219

<i>Жиганов К. В., Дашевский А. Р., Данилов П. В., Пронин А. В., Титова Е. С.</i> Виды антикоррозионной обработки. Антикоррозионная защита, обработка материалов, защита металлов, методики защиты.....	224
<i>Жукалов В. И.</i> Термочувствительный элемент для аналогового теплового пожарного извещателя.....	229
<i>Колбашов М. А.</i> Мезогенные соединения в составе СОТС как способ повышения стойкости быстрорежущего инструмента при резании.....	234
<i>Кропотова Н. А., Архангельский К. Н., Моисеева Е. Ю., Кочетков Л. В.</i> Огнезащита металлических конструкций для решения инженерных задач быстровозводимых модульных зданий.....	241
<i>Кропотова Н. А., Моисеева Е. Ю., Кочетков Л. В.</i> Современная пожаробезопасная технология бесконтактного пожаротушения.....	246
<i>Лосев М. А., Таранцев А. А.</i> О возможности экстренной эвакуации персонала с нефтяных платформ в высоких широтах.....	250
<i>Лупандин, А. Е. Кудряшов В. А.</i> Устойчивость стального каркаса здания при пожаре с учетом работы узлов соединений.....	254
<i>Манило И. И., Воинков В. П., Зыков В. И., Чистяков В. П., Кондратов К. С., Русаков Ю. С.</i> Автоматическая противопожарная защита животноводческого комплекса.....	259
<i>Манило И. И., Зыков В. И., Воинков В. П., Чистяков В. П.</i> Автоматизированная система охранно-пожарной сигнализации (АСОПС «КГСХА-АГПС»).....	263
<i>Манило И. И., Зыков В. И., Воинков В. П., Чистяков В. П., Кондратов К. С., Русаков Ю. С.</i> Устройство автоматического определения первопричины возникновения нештатной ситуации на объекте контроля.....	267
<i>Манило И. И., Зыков В. И., Воинков В. П., Чистяков В. П., Кондратов К. С., Русаков Ю. С.</i> Устройство для учета времени работы сварочного оборудования с функциями пожарозащиты объекта производства.....	271
<i>Меленчук Е. В.</i> Перспективы применения термостойких арамидных тканей для костюмов специального назначения.....	277
<i>Мордвинова А. В., Гордиенко Д. М., Лагозин А. Ю., Некрасов В. П., Шебеко Ю. Н.</i> Морские стационарные нефтегазодобывающие платформы. Актуальные вопросы нормирования пожарной безопасности.....	281
<i>Назаров А. А.</i> Мониторинг и оценка пожарной опасности электрооборудования жилых и общественных зданий с помощью теплового метода неразрушающего контроля.....	292
<i>Натареев С. В., Беляев С. В.</i> Мембранное разделение в жидких средах.....	299
<i>Наумов А. Г., Комельков В. А., Зарубина Е. В., Никитина С. А., Еловский В. С.</i> Влияние микродоз масла И-20А на эффективность ионизированной воздушной СОТС.....	305
<i>Никулина Н. С., Каргашилов Д. В.</i> Повышение огнестойкости строительных конструкций.....	312
<i>Осадчий Ю. П., Пахотина И. Н., Пахотин Н. Е., Харченко С. С.</i> Применение нанотехнологий для очистки и восстановления отработанных масел.....	315

<i>Отегова А. Ю., Мамедов А. Ш.</i> Минеральные отходы горного предприятия и их паспортизация с целью переработки.....	318
<i>Пучков П. В., Костяев А. А.</i> Устройство для восстановления работоспособности рукавных систем на пожаре при поперечном разрыве напорного рукава	321
<i>Ретин Д. С., Графский А. И.</i> Напряженность поверхностного слоя при лезвийной обработке металлов.....	326
<i>Савин М. В., Пеньков И. А., Литвин П. М.</i> Применение робототехнических комплексов для ликвидации последствий пожаров и взрывов на объектах со взрывчатыми материалами	329
<i>Семенов А. Д., Моисеев Ю. Н., Курочкин В. Ю., Колбашов М. А.</i> Об особенностях проведения испытаний индивидуальных средств спасения людей с высоты при пожаре.....	333
<i>Семенов А. Д., Харламов Р. И., Кнутов М. С., Бочкарев А. Н.</i> Универсальный стенд для проведения испытаний индивидуальных средств спасения людей с высоты при пожаре.....	338
<i>Сизов А. П., Никитина С. А., Комельков В. А., Колбашов М. А., Еловский В. С., Салихова А. Х.</i> Физико-технические основы применения нанодисперсных магнитных жидкостей в пожарной и аварийно-спасательной технике	342
<i>Сорокин Д. В., Никифоров А. Л., Шарабанова И. Ю., Животягина С. Н., Стрижак Е. В.</i> К вопросу защиты пожарных от опасных тепловых воздействий.....	346
<i>Станкевич В. М.</i> Актуальные проблемы водоподготовки в условиях чрезвычайных ситуаций	353
<i>Торопова М. В.</i> Бетоны повышенной огнестойкости.....	357
<i>Царев Ю. В., Тростин А. Н., Солодухин А. А.</i> Разработка датчиков взрывоопасных и дозврывоопасных концентраций на основе пористого насыпного электрода.....	360
<i>Шнейдер Д. А., Мамедов А. Ш.</i> Обоснование тушения подземных пожаров по газовому анализу.....	365

**ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ
ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ
ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ
СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ**

<i>Варламкин А. А.</i> Ошибки при обеспечении пожарной безопасности кабельных линий и электропроводок зданий при пересечении ими строительных конструкций с нормированным пределом огнестойкости.....	367
<i>Есина М. Г., Махмудов А. Б., Гаджиев М. С.</i> Анализ статистики аварий в мире, произошедших на АЭС.....	370

<i>Михалин В. Н., Попов В. И., Пуганов М. В., Песикин А. Н., Цеценевская О. И.</i> Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: непреодолимые проблемы применения	375
<i>Салионов Д. С., Рыженко А. А.</i> Взаимодействие ведомственных органов на стадиях расследования и экспертизы пожаров.....	382
<i>Титова Е. С., Кокурин А. К., Данилов П. В., Колесова А. А.</i> К вопросу о применении риск-ориентированного подхода при авариях и катастрофах на потенциально опасных объектах.....	386
<i>Ушаков Д. В., Абашкин А. А., Карпов А. В., Панфилов С. Г., Фомин М. В.</i> Основные ошибки при проведении расчетов пожарного риска для объектов общественного назначения	391

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ
ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ
ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ**

УДК 666.97:691.618.92

М. В. Акулова, А. М. Мочалов, Д. В. Лебедев, Е. Г. Родионов
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

О БЕЗОПАСНОСТИ САМОЗАТУХАЮЩЕГО ПЕНОПОЛИСТИРОЛА

В статье рассматриваются вопросы пожарной опасности пенополистирола, а также самозатухающего пенополистирола и необходимости проведения исследований на предмет изменения свойств пенополистирола после обработки раствором, содержащем кремнийорганические соединения.

Ключевые слова: пожарная безопасность; пенополистирол; самозатухающий пенополистирол; кремнийорганические соединения.

M. V. Akulova, A. M. Mochalov, D. V. Lebedev, E. G. Rodionov

ABOUT-EXTINGUISHING SELF-EXTINGUISHING POLYSTYRENE

In the article the questions of fire hazard of expanded polystyrene, as well as self-extinguishing polystyrene foam, it raises the question about the truth about self-extinguishing polystyrene and security of its application.

Keywords: fire safety; polystyrene; self-extinguishing polystyrene; silicones.

В настоящее время широко распространено применение пенополистирола в качестве утеплителя зданий. Об этом говорится в работах многих исследователей вопроса применения этого материала, ставшего крайне актуальным с точки зрения пожарной безопасности.

Утеплитель - одно из самых слабых звеньев в строительстве, поскольку их срок жизни намного меньше других материалов ограждающих конструкций. Минеральные утеплители практически не имеют ограничений. Однако за счет дороговизны используются реже. Многие минераловатные плиты впитывают в себя большое количество влаги, за счет чего утеплитель перестает выполнять свои основные функции. Большую популярность при устройстве теплоизоляции в нашей стране имеет пенополистирол. За счет невысокой стоимости, влагостойкости, низкой теплопроводности, малого веса этот материал очень широко применяется в строительстве. Более подходящим является экструдирован-

ный пенополистирол, отличающийся более высоким качеством за счет гомогенной структуры (отсутствие гранул и межзерновых пустот) [1].

Однако, при всем богатстве положительных качеств пенополистирола он обладает большим количеством недостатков, наиважнейшим из которых является его пожарная опасность.

Самый большой недостаток пенополистирола - горючесть и токсичность. На практике проблема пожарной опасности пенополистиролов обычно рассматривается с двух точек зрения: опасности собственно горения материала и опасности продуктов термического разложения и окисления материала. Одной из главных опасностей, возникающих при использовании пенополистирола при утеплении жилых зданий, является то, что это горючий материал, который имеет высокую токсичность и дымообразующую способность. К тому же продукты горения пенополистирола серьезно отравляют окружающую среду даже на большом расстоянии от места пожара. Опасная особенность горения полистирола заключается в том, что оно происходит с выделением едкого густого черного дыма (предельная концентрация продуктов горения - 5 мг/м^3). Дым раздражает слизистые оболочки и вызывает токсическое отравление. Для предотвращения этого в пенополистирол добавляются антипирены. Однако тлеющий пенополистирол столь же опасен в плане выделения продуктов горения, как и пылающий. При этом воспламенение пенополистирола неизбежно в любом случае. Единственное преимущество пенополистирола с антипиренами в том, что это произойдет не через секунды после начала пожара, а через несколько минут [1].

Для снижения пожароопасности пенополистирола при его получении к нему добавляют антипирены. Полученный материал называется самозатухающим пенополистиролом (класс горючести Г3) и обозначается у ряда российских производителей дополнительной буквой «С» в конце (например — ПСБ-С) [2].

В мае 2012 года в испытательной лаборатории Центрального научно-исследовательского института строительных конструкций (ЦНИИСК) им. В.А. Кучеренко состоялись огневые испытания опытного фрагмента системы наружной теплоизоляции фасадов с тонким штукатурным слоем и утеплителем из пенополистирольной плиты марки ПБС-С 25Ф, изготовленной из полистирола СИБУРа марки Alpharog™. В результате испытаний системе наружного утепления фасадов зданий был присвоен класс пожарной опасности К0 (не распространяющий пламени). Таким образом, согласно федеральному закону от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» применение системы с утеплителем из вспенивающегося полистирола Alpharog™ возможно при строительстве жилых зданий и сооружений всех классов конструктивной и функциональной пожарной опасности [3].

Казалось бы, с появлением технологии создания безопасного пенополистирола человечество получает идеальный по всем меркам утеплитель для большинства типов зданий, однако первое применение такого «самозатухающего» пенополистирола показало всю небезопасность этого безопасного материала.

Несмотря на сложившиеся представления о высокой пожарной опасности пенополистирола, в настоящее время некоторые фирмы-производители антипирированного пенополистирола (ПСБ-С) ввели в обозначение своей продукции термин «самозатухающий пенополистирол». Использование этого термина не должно вводить в заблуждение потребителей, так как самозатухающих видов пенополистирола в природе не существует. Явление самозатухания, на которое ссылаются такие производители, наблюдается только при кратковременном воздействии в течение 4 с на образец пенополистирола размером 140 x 30 x 10 мм пламенем газовой или спиртовой горелки высотой 50 мм согласно методу, изложенному в п. 4.13 [4]. При этом действительно при отводе источника зажигания от воспламенившегося материала может наблюдаться его самозатухание (самопроизвольное прекращение горения), но это явление вряд ли может иметь отношение к способности пенополистирола самозатухать в условиях реального пожара. Если, на пример, создать условия аккумуляции образующегося расплава, а также увеличить время огневого воздействия и тепловую мощность источника зажигания, то тот же пенополистирол вряд ли можно будет назвать самозатухающим, так как в данных условиях он способен разгораться и самопроизвольно, без дополнительных тепловых источников или внешних тепловых потоков, поддерживать горение [5].

Таким образом, пожарная безопасность самозатухающего пенополистирола является недостаточной для его применения в строительстве.

В результате проведенных исследований авторами было установлено, что применение растворов на основе кремнийорганических соединений способствует снижению пожарной опасности пенополистирола [6]. Однако, поведение самозатухающего пенополистирола рассмотрено не было. В дальнейших исследованиях необходимо произвести оценку его поведения в условиях воздействия высоких температур до нанесения растворов органосилоксанов и после.

Выводы

Проведен анализ статей на тему применения пенополистирола в строительстве, при утеплении зданий. Указаны преимущества и некоторые недостатки строительного материала. Отмечена необходимость проведения исследований влияния пропитки, содержащей в своем составе кремнийорганическую составляющую на пожарную опасность самозатухающего пенополистирола.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гулак Л.И., Авраамов В.В. Недостатки пенополистирола как утеплителя в современном строительстве // Научный вестник воронежского государственного архитектурно-строительного университета – 2011 - № 1 – с. 121-123.
2. Евтумян А.С., Молчадовский О.И. Пожарная опасность теплоизоляционных материалов из пенополистирола // Пожарная безопасность. — 2006 — № 6 – с. 66-68.

3. *Копылов И.А.* Пенополистирол: Новый виток популярности // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2012 – №11 – с. 26-28.

4. ГОСТ 15588-86. Плиты пенополистирольные.

5. *Трушкин Д.В.* Проблемы экспериментального определения горючести пенополистирола // Пожаровзрывобезопасность – 2005 - №4- с. 12 - 16.

6. *Акулова М.В., Емелин В.Ю., Мочалов А.М., Лебедев Д.В.* Способы увеличения устойчивости органических и неорганических материалов к огневому воздействию // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, посвященной Году пожарной охраны – 2016 – с. 10-12.

УДК 614.84

И. А. Богданов, Н. А. Таратанов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПОЛУЧЕНИЕ МИКРОДОБАВОК, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ СУЩЕСТВЕННОЕ УМЕНЬШЕНИЕ ВРЕМЕНИ ТУШЕНИЯ

В работе проведено исследование наночастиц диоксидов кремния, направленное на разработку добавки к рабочим составам пенообразователей с возможностью сокращения времени тушения. Из многообразия наночастиц, основываясь на их свойства, подобраны наиболее подходящие в качестве добавок к поверхностно-активным веществам.

Ключевые слова: наночастицы, поверхностно-активные вещества, огнетушащие средства.

I. A. Bogdanov, N. A. Taratanov

GETTING MICROTUBULAR PROVIDING A SIGNIFICANT REDUCTION IN TIME EXTINGUISH

The paper deals with the study of nanoparticles of silica, aimed at developing a Supplement to the working compositions of the blowing agents with the possibility of reducing the time of quenching. From the variety of nanoparticles based on their properties are most suitable as additives to surface active substances.

Keywords: nanoparticles, surfactants, fire-extinguishing agent.

Для применения наночастиц кремния в различных областях возникает необходимость получения наночастиц различных размеров и форм. Несмотря на то, что опубликовано большое количество работ по методам получения наночастиц данных оксидов [1-5], многие из этих методов требуют дальнейшего усовершенствования с целью улучшения свойств конечного продукта.

В данной работе отдано предпочтение жидкофазным методам, а именно на методах осаждения. Следует также сказать, что получение наночастиц диоксида кремния методом осаждения не требует варьирования условий синтеза (использования ПАВ и термической обработки). Подобранные методики синтеза наночастиц не требуют дополнительного оборудования и дополнительных энергетических затрат, что обеспечивает относительно низкую себестоимость конечного продукта.

Однако наночастицы кремния не были изучены в плане практического применения в составе средств пожаротушения. Исходя из теоретических соображений и имеющегося экспериментального задела можно ожидать, что введение наночастиц оксидов цинка, алюминия и кремния в огнетушащий состав, улучшит его свойства.

Так взаимодействие пены с горючей жидкостью с момента ее подачи на горящую поверхность и до образования сплошного слоя пены представляет собой комплекс явлений. Упростив достаточную сложность этих явлений, можно выделить ряд основных моментов.

1. Образование локального слоя пены на поверхности горючей жидкости при её тушении. Результат этого явления зависит от соотношения скоростей двух противоположно направленных процессов: с одной стороны, скоростью разрушения пены на поверхности горючей жидкости, а с другой, интенсивностью подачи пены. Если интенсивность подачи пены превышает скорость ее разрушения, то локальный слой на поверхности образуется сразу, и поскольку скорость разрушения пены со временем уменьшается вследствие охлаждения горючей жидкости, выделяющимся из пены отсеком, то одновременно увеличивается и скорость нарастания этого слоя, и растекание его по поверхности горючей жидкости. Если же интенсивность подачи пены меньше скорости ее разрушения, то локальный слой образуется не сразу, а спустя определенный промежуток времени, в течение которого температура горючей жидкости снизится настолько, что интенсивность подачи пены начнет превышать интенсивность ее разрушения.

Охлаждение прогретого слоя горючей жидкости отсеком пены приводит к тому, что уменьшается скорость испарения жидкости, вследствие этого уменьшается концентрация горючего пара в зоне горения, скорость химической реакции, скорость тепловыделения, и, как конечный результат, – температура горения.

2. Как только образуется локальный слой пены, он экранирует часть поверхности горючей жидкости от лучистого теплового потока пламени и охлаждает верхний прогретый слой жидкости. Это приводит к тому, что температура прогретого слоя горючей жидкости падает и, как следствие, уменьшается количество паров, поступающих в зону горения, снижается скорость реакции окисления, количество выделяющегося тепла и температура горения.

3. При достижении на поверхности жидкости слоя пены определенной толщины он препятствует поступлению выделяющихся паров горючей жидкости к зоне горения. Следовательно, пена изолирует горючую жидкость (точнее, ее пары) от зоны горения и горение прекращается.

Кроме перечисленных основных трех факторов, действующих при тушении пеной, существуют еще и дополнительные. К ним относятся:

- разбавление горючей смеси в зоне горения парами воды: при разрушении пены раствор пенообразователя (в основном вода) частично испаряется, а частично стекает вниз. Образовавшиеся пары вместе с парами горючей жидкости поступают в зону горения. Это приводит к снижению концентрации реагентов в зоне горения, а, следовательно, к уменьшению скорости реакции, тепловыделения и температуры горения;

- охлаждение зоны горения парами воды. Пары воды, попавшие в зону горения, не только снижают концентрацию горючего в объеме зоны горения, но и охлаждают эту зону. Это увеличивает потери тепла из зоны реакции, а следовательно, уменьшает температуру горения.

Таким образом, надежное тушение может быть достигнуто при подаче на поверхность горючей жидкости такого слоя пены, через который пары горючей жидкости не смогут прорваться в зону горения. Поэтому воздушно-механическая пена относится к изолирующим огнетушащим средствам. Изолирующая способность пены зависит от таких ее параметров, как парогазонепроницаемость, коэффициент динамической вязкости, напряжение сдвига, которые, в свою очередь, определяются кратностью пены, ее дисперсностью, толщиной стенки пузырька и др.

Процесс тушения характеризуется следующими параметрами.

Время тушения (τ_T) – время от момента подачи пены на поверхность жидкости, до момента прекращения горения.

Интенсивность подачи (J) – количество раствора пенообразователя, подаваемое на 1 м² площади пожара в секунду. Так как плотность рабочего раствора пенообразователя практически не отличается от плотности воды, а масса воздуха в пене ничтожно мала, то можно считать, что 1 кг пены соответствует 1 л раствора. Поэтому получаемое по формуле (5.1) значение интенсивности подачи имеет размерность л/(м²·с).

$$I_{II} = \frac{m_0 - m_1}{S_{II} \cdot \tau_T}, \text{ л/(м}^2 \cdot \text{с)}, \quad (1)$$

где m_0 – масса раствора пенообразователя до начала эксперимента, кг; m_1 – масса не израсходованного раствора пенообразователя, кг; S_{II} – площадь пожара, м²; τ_T – время тушения, с.

Удельный расход ($q_{уд}$) – количество раствора пенообразователя, израсходованного за время тушения на 1 м^2 :

$$q_{уд} = I_{П} \cdot \tau_{Т}, \text{ л/м}^2, \quad (2)$$

где $I_{П}$ – интенсивность подачи, $\text{л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; $\tau_{Т}$ – время тушения, с.

Время тушения зависит от соотношения интенсивностей подачи и разрушение пены. Если они равны, то тушение не достигается, т. е. $\tau_{Т} = \infty$. Такая интенсивность подачи называется критической ($J_{кр}$). Характерная зависимость времени тушения (кривая тушения) и удельного расхода от интенсивности подачи показана на рис. 5.1.

Интенсивность подачи, при которой удельный расход пенообразователя минимален, считается оптимальной (J_{opt}). Обычно $J_{opt} = (2 \div 3)J_{кр}$ в зависимости от состава пенообразователя, вида горючей жидкости, параметров пены и др.

Эффективность применяемого пенообразователя, способа подачи пены можно оценить с помощью показателя эффективности тушения ($П_{э.т.}$):

$$П_{э.т.} = \frac{1}{I_{П} \cdot \tau_{Т}^2} \quad (3)$$

Исследование эффективности тушения горючей жидкости

Для определения эффективности тушения горючей жидкости, была использована установка, схема которой показана на рис. 1. На рис. 2 представлена фотография проведения исследований. Наименьшее время, затраченное на тушение модельного очага составило 2,86 с (6% раствор ПО-6ТС с добавлением наноразмерного диоксида кремния (модифицированной поверхностью)), что существенно меньше, чем тушение ПАВ (6% раствора ПО-6ТС) без добавки (см. табл. 1).

Для этого были приготовлены растворы следующего состава: 1. - 6% раствор ПО-6ТС; 2. - 6% раствор ПО-6ТС с наноразмерным диоксидом кремния (0,2 г на 1000 мл раствора ПО-6ТС); 3. - 6% раствор ПО-6ТС с добавлением наноразмерного диоксида кремния (модифицированной поверхностью).

Далее рассчитали значения интенсивности подачи пены $J_{п}$, удельного расхода $q_{уд}$ и параметра эффективности тушения $П_{э.т.}$ по формулам 1-3. Полученные результаты представлены в табл. 1.

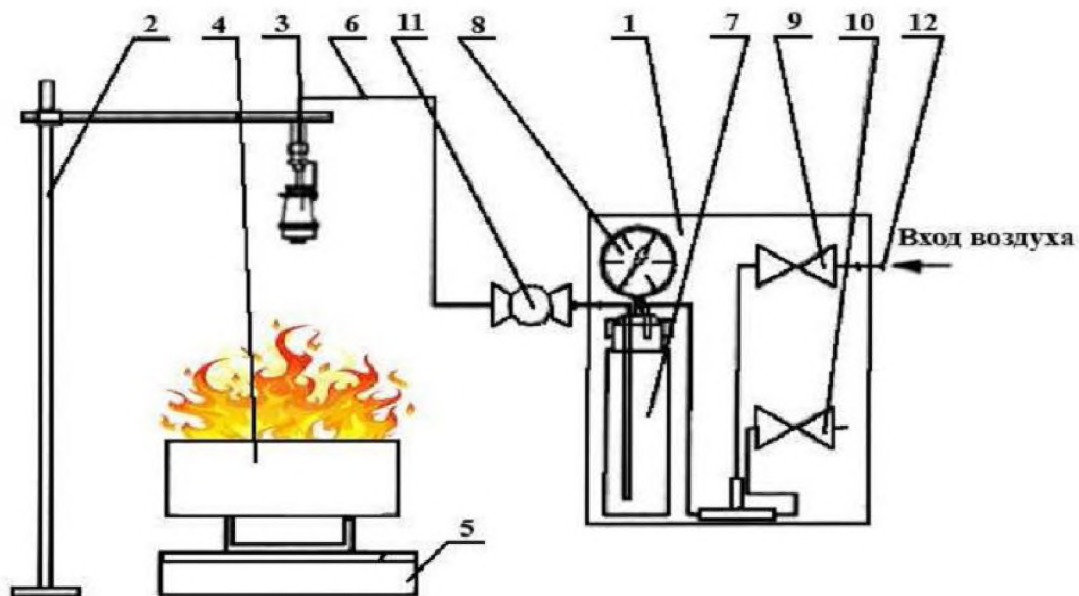


Рис. 1. Схема установки определения огнетушащей способности:

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



Рис. 2. Проведение исследований по эффективности тушения

*Таблица 1. Результаты исследований влияния добавок
на эффективность тушения*

№ п/ п	Концентрация водного раствора пенообразователя, об %	m_0 , кг	m_1 , кг	τ_T , с	$I_{п.}$ л/(м ² ·с)	$q_{уд.}$ л/м ²	$\Pi_{э.т}$
1.	6% раствор ПО-6ТС	4,260	3,861	6	0,739	4,43	0,038
2.	6% раствор ПО-6ТС с наноразмерным диоксидом кремния	4,282	4,031	3,8	0,733	2,79	0,094
3.	6% раствор ПО-6ТС с добавлением наноразмерного диоксида кремния (модифицированной поверхностью)	4,275	4,086	2,86	0,734	2,09	0,167

По результатам исследования была оценена стабильность огнетушащей дисперсной системы. Из чего можно сделать вывод, что из многообразия наночастиц, основываясь на их свойства, подобраны наиболее подходящие в качестве добавок к ПАВ. Из проведенных исследований следует, что наиболее выгодной добавкой (в плане способа получения и исследуемых свойств), является наноразмерный диоксид кремния обеспечивающий снижение времени тушения на 50%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Jitianu M.* Zinc oxide colloids with controlled size, shape, and structure/ M. Jitianu, D.V. Goia // Journal of Colloid and Interface Science. 2007. V.309. P. 78-85.
2. *Zu Y.* A study on preparation of nanometer-sized zinc oxide via precipitation method / Y.Zu, X.E. Li, A. Fan, C.F. Liu // Journal of Northwest University (Natural Science Edition). 2011. V.31. N.3. P. 232-234.
3. *Yazdanmehr M.* Electronic structure and bandgap of γ -Al₂O₃ compound using mBJ exchange potential / M. Yazdanmehr, S.J. Asadabadi, A.N. Majid Ghasemzadeh, M. Rezvanian // Nanoscale research letters, 7, (2012) 488.
4. *Подзорова Л.И.* Модифицированные композиты системы Al₂O₃ – (Ce-TZP) как материалы медицинского назначения / Л.И. Подзорова, А.А. Ильичева, О.И. Пенькова, Н.А. Аладьев, В.А. Волченкова, С.В. Куцев, Л.И. Шворнева // Ж. Персп. материалы, 1, (2016), 32-38.
5. *Stober W.* Controlled growth of monodisperse silica spheres in the micron size range / W. Stober, A. Fink, E. Bohn // Journal of Colloid and Interface Sciences. 1968. Vol. 26. P. 62-69.
6. Термодинамическая химия парообразного состояния / А.В. Суворов. –Л.: Химия. – 1970. -208 с.
7. *Гусев В.Е.* Дериватографическое исследование сольватации нитрата третбутиламмония / В.Е. Гусев, Г.М. Полторацкий // В сб. Проблемы сольватации и комплексообразования. –Иваново. – 1978. – С. 81 – 86.

8. Кинетика гетерогенных реакций / Б. Дельмон. – М.: Мир. – 1972. – 554 с.
9. Молекулы и химическая связь / К.С. Краснов. Изд. 2е, дополн. и перераб. – М.: Высшая школа. – 1984. – 295 с.
10. Большая советская энциклопедия: в 30 т. / гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Сов. энцикл., 1970–1981. – 30 т.
11. *Bernudez V.M.* A Proton Nuclear Magnetic Resonance Technique for Determining the Surface Hydroxyl Content of Hydrated Silica Gel / *V.M. Bernudez* // *J.Phys. Chem.* 1970. V.74 №23. P.4160.
12. *Doremus R.H.* Internal hydroxyl groups near the surface of silica / *R.H.Doremus* // *Ibid.* 1971. V.75. № 20. P.3147.

УДК 614.84

И. А. Богданов, Н. А. Таратанов, Н. Ш. Лебедева

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ КРЕМНЕЗЕМА ДЛЯ СОЗДАНИЯ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СТРУКТУР С ПАВ

В работе описана методика синтеза частиц кремнеземов сферической формы методом Штобера, позволяющая получать частицы с требуемой гидрофобностью и позволяющая вводить добавку в состав пенообразователей на любой стадии тушения пожара.

Ключевые слова: нефтесорбент, кремнезем, метод Штобера, огнетушащие средства, гидроксильные группы, тетраэтоксисилан, этанол, диэтиламин.

I. A. Bogdanov, N. A. Taratanov, N. Sh. Lebedeva

OBTAINING SILICA NANOPARTICLES TO CREATE SELF-ORGANIZING STRUCTURES OF SURFACTANTS

The paper describes a method of synthesis of silica particles of spherical shape by the method of Stober, allowing to obtain particles with the desired hydrophobicity and which allows to introduce the additive in the composition of the foam at any stage of the fire.

Keywords: oil sorbent, silica, method of Stober, extinguishing media, hydroxyl group, tetraethoxysilane, ethanol, diethylamine.

В последнее десятилетие наблюдается интенсивный рост исследований, связанных с получением и изучением различных форм диоксида кремния с развитой поверхностью - золь, гелей и порошков. Это связано с уникальными свойствами кремнеземов, благодаря которым они нашли и находят разнообразное применение в различных областях человеческой деятельности: промыш-

ленности, технике, электронике и др. Уникальные свойства поверхности, возможность её модификации обуславливают лавиннообразное количество работ, связанных с целенаправленным синтезом частиц кремнезема [1-3].

Вопросы взаимодействия кремнеземов с ПАВ в научной литературе представлены в четырех основных направлениях. Первое, связано с исследованиями направленными на уменьшение седиментации частиц кремнезема, при этом поверхностно-активные вещества препятствуют самоассоциации и агрегации частиц кремнезема [4-6]. Второе, исследования механизмов флокуляции кремнеземов с помощью ионных ПАВ [7, 8]. Третье, поверхностноактивные вещества неионногенные выступают сами являются темплатами, архитектура кремнезема, выращенного на подобных основаниях зависит от протяженности гидрофильных и гидрофобных частей ПАВ [9, 10]. Четвертое направление связано с исследованиями направленными на изучение влияния твердых микро - и наночастиц на устойчивость пен [11-17].

Исследования наночастиц кремнезема соответствуют общемировым трендам науки, при этом подход к целенаправленной модификации кремнезема, обуславливающий создание необходимой платформы для самоорганизации структур с ПАВ в растворах является оригинальным решением.

Исследование адсорбционных свойств самоорганизованных структур кремнеземов с ПАВ по отношению к углеводородам является важной частью данного исследования. Данная часть исследований кроме научного представляет несомненный практический интерес, так как может послужить теоретической научной основой для разработки комплексных средств пожаротушения и сорбции нефтепродуктов с водных поверхностей.

Работы, связанные с тематикой получения наночастиц кремнезема для создания самоорганизующихся структур с ПАВ, ведутся в ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России с 2009 года.

Несмотря на многообразие существующих отечественных и зарубежных огнетушащих средств, остается актуальным вопрос создания принципиально новых огнетушащих веществ, которые способны не только эффективно ликвидировать горение, но и защитить организм человека от воздействия опасных факторов пожара. Развитие перечисленных направлений невозможно без наличия систематических исследований, целенаправленного синтеза соединений и частиц. Поэтому синтез наночастиц кремнезема для создания самоорганизующихся структур с ПАВ с заданной флотационной способностью и высокой адсорбционной способностью по отношению к углеводородам, является актуальным.

В настоящее время известно несколько способов получения аморфного диоксида кремния. Один из них - пирогенный способ. Он используется для производства безводного высокодисперсного диоксида кремния в промышленных масштабах. Пирогенный диоксид кремния получают высокотемпературным гидролизом тетрахлорида кремния в водородно -кислородном пламени.

Однако в действительности этот процесс является более сложным, так как включает много стадий.

Другим методом синтеза микроаморфного диоксида кремния является золь-гель синтез (метод Штобера). Он протекает в более мягких условиях и не требует высоких температур, а значит, и высоких энергозатрат. Другим преимуществом данного метода синтеза является возможность получения продукта в виде различных форм (нитевидных волокон, тонких пленок, аэрогелей, ксерогелей и т.п.). Многочисленные экспериментальные данные показывают, что процессы гидролиза и конденсации подвержены воздействию различных факторов. Особое влияние оказывает соотношение количества воды и прекурсора в исходной смеси, тип и количество катализатора, температура, природа растворителя. Таким образом изменение условий синтеза позволяет тонко управлять свойствами конечного продукта. Систематические исследования, проводимые ранее, позволили разработать методику синтеза аморфного кремнезема, частицы которого обладают высокой удельной поверхностью, высоким содержанием поверхностных гидроксильных групп, обеспечивающих седиментационную устойчивость синтезированных частиц. Обнаружен синергетический эффект, проявляющийся в резком увеличении сорбционной способности частиц кремнезема по отношению к нефтепродуктам при добавлении ионногенных ПАВ. Полученные новые сведения и установленные закономерности позволили сорудникам ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России создать уникальный по своим сорбционным свойствам и тушащей способности состав двойного назначения (патент РФ № 2471527) [18].

Проводимые в настоящее время исследования показали, что кремнезем может быть существенно улучшен за счет модификации поверхности наноразмерного SiO_2 при темплатном синтезе (рис. 1).

Темплатная технология позволяет синтезировать пористый наноразмерный диоксид кремния, который имеет в своей структуре полости диаметром от 2 до 5 нм. В качестве темплатов необходимо использование молекул мочевины или сахарозы для организации вокруг них структуры из неорганического каркаса. Для этого в реакционном сосуде (рис. 2) растворяют тетраэтоксисилан (ТЭОС) в растворе этанола и темплата.

Хотелось бы отметить, что для протекания гидролиза в реакционную смесь необходимо обязательно добавляли воду, в молярном соотношении ТЭОС: вода = 1 : 3. А в качестве катализатора использовать диэтиламин или водный раствор аммиака (40%), который вводится порциями каждые 2-3 мин, при постоянном интенсивном перемешивании в течение суток. По окончании синтеза в целях удаления не прореагировавших исходных реагентов и катализатора, полученную суспензию трижды промыть дистиллированной водой. Фракцию частиц с размером не более 90 нм, выделять ступенчатым центрифугированием: в течение 20 минут при 7000 оборотах отделяли частицы, превышающие в диаметре 120 нм. Далее смесь промыть водой и сразу центрифугировать при 12000 оборотах для осаждения частиц менее 100 нм. Осадок высушивать в пистолете Фишера под вакуумом при 60 °С.

Введение добавок в состав пенообразователей можно осуществлять на любой стадии тушения пожара. Так как данная добавка за счет наноразмерных частиц способна находиться в растворе во взвешенном состоянии не менее 30 суток.

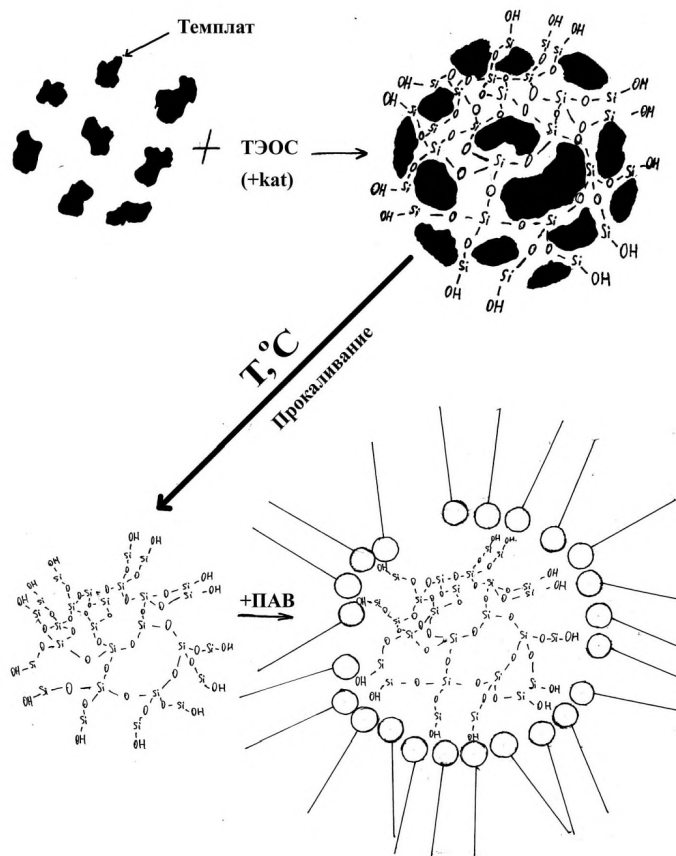


Рис. 1. Схема получения наночастиц SiO_2 для создания самоорганизующихся структур с ПАВ

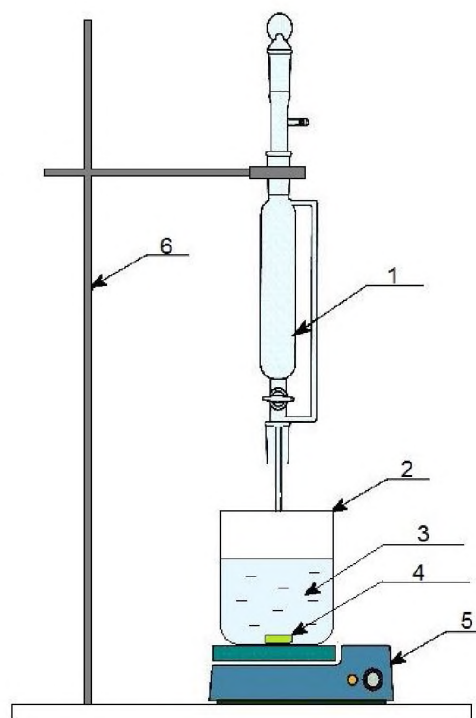


Рис. 2. Установка для получения модифицированного диоксида кремния: 1 – капельная воронка; 2 – емкость; 3 – реакционная смесь; 4 – магнитный мешальник; 5 – магнитная мешалка с подогревом; 6 – штатив

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 15-43-03082 р_центр_а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pickering K.L., Raa Khimi S., Ilanko S. / The effect of silane coupling agent on iron sand for use in magnetorheological elastomers Part 1: Surface chemical modification and characterization // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Volume 68, January 2015, Pages 377-386

2. *Lintao Zeng, Alfred P. Weber* / Aerosol synthesis of nanoporous silica particles with controlled pore size distribution // *Journal of Aerosol Science*, Volume 76, October 2014, Pages 1-12.

3. *Yasunari Takeda, Yoshihiko Komori, Hideaki Yoshitake* / Direct stöber synthesis of monodisperse silica particles functionalized with mercapto-, vinyl- and aminopropylsilanes in alcohol–water mixed solvents // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Volume 422, 5 April 2013, Pages 68-74.

4. *Jiri Skvarla* / Does the hydrophobic attraction contribute to the interaction between colloidal silica spheres coagulated by an adsorbing cationic surfactant? // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Volume 397, 5 March 2012, Pages 33-41.

5. *Catia Contado, Laura Ravani, Martina Passarella* / Size characterization by Sedimentation Field Flow Fractionation of silica particles used as food additives // *Analytica Chimica Acta*, Volume 788, 25 July 2013, Pages 183-192.

6. *Asep Bayu Dani Nandiyanto, Asep Suhendi, Takashi Ogi, Ryohei Umemoto, Kikuo Okuyama* / Size- and charge-controllable polystyrene spheres for templates in the preparation of porous silica particles with tunable internal hole configurations // *Chemical Engineering Journal*, Volume 256, 15 November 2014, Pages 421-430.

7. *Leo Chau-Kuang Liao, Yuan-Pei Chen* / Effects of voltage operating strategy on electrophoretic self-assembly deposition of spherical SiO₂ particles in water // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Volume 429, 20 July 2013, Pages 121-128.

8. *Wei Wang* *Micro porous and Mesoporous Materials*, 2014.

9. *Adriana M. Mihut, Jérôme J. Crassous, Jean-François Dechézelles, Sebastian Lages, Peter Schurtenberger* / Towards smart self-assembly of colloidal silica particles through diblock copolymer crystallization // *Polymer*, Volume 54, Issue 15, 8 July 2013, Pages 3874-3881.

10. *Kun Zhang* *Microporous and Mesoporous Materials*, 2011.

11. *R.G. Alargova* *Angew. Chemistry*, 2005.

12. *S. Fujii* *Langmuir*, 2006.

13. *P.N. Sturzenegger, U.T. Gonzenbach, S. Koltzenburg, J. Martynczuk, L.J. Gauckler* / Particle-stabilized gel-core microcapsules: Synthesis and properties // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Volume 447, 5 April 2014, Pages 44-50.

14. *K.P. Velikov* / 12: Colloidal emulsions and particles as micronutrient and nutraceutical delivery systems // *Encapsulation Technologies and Delivery Systems for Food Ingredients and Nutraceuticals*, 2012, Pages 319-391.

15. *P.M. Kruglyakov, A.V. Nushtayeva* / Investigation of the influence of capillary pressure on stability of a thin layer emulsion stabilized by solid particles // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Volume 263, Issues 1–3, 1 August 2005, Pages 330-335.

16. *Нуштаева А.В., Шумкина А.А., Кругляков П.М., Еланева С.И.* Влияние структурообразования в водной фазе на свойства модельных эмульсионных пленок, стабилизированных твердыми микрочастицами // *Коллоидный журнал*, 2011, том 73, № 6, с. 826–834..

17. *In-Ho Yoon, Chong-Hun Jung, Suk Bon Yoon, Sang Yoon Park, Wang-Kyu Choi* / Effect of silica nanoparticles on the stability of decontamination foam and their application

for oxide dissolution of corroded specimens // *Annals of Nuclear Energy*, Volume 73, November 2014, Pages 168-174.

18. Патент РФ № 2471527, 10.01.2013. Потемкина О.В., Малый И.А., Лебедева Н.Ш., Щепочкина Ю.А., Акулова М.В. Способ приготовления средства для тушения пожара и сорбирования нефтепродуктов // Патент России № 2471527. 2013. Бюл. № 1.

УДК 536.46 + 691.1 + 699.81

В. В. Богданова**, *О. И. Кобец**, *О. Н. Бурая**, *И. Ю. Иванов**

*Учреждение Белорусского Государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем»

**ГУО «Университет гражданской защиты» МЧС Республики Беларусь

ТЕРМОВСПЕНИВАЮЩИЕСЯ КОМПОЗИТЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ БАРЬЕРОВ

Для разработки эффективного недорогого термовспенивающегося композита с заданными свойствами исследовали вспенивающую, теплозащитную способности, физико-механические свойства исходного материала и продуктов его прогрева в зависимости от природы связующего и содержания наполнителей.

Ключевые слова: термовспенивающийся полимерный композиционный материал; связующее; наполнитель; теплозащитные, физико-механические свойства; предел огнестойкости.

V. V. Bogdanova, O. I. Kobets, O. N. Buraya, I. Yu. Ivanov

THERMOEXPANDING COMPOSITES FOR CREATION OF HEAT-INSULATING BARRIERS

In order to develop an effective inexpensive thermoexpanding composite with predetermined properties the dependence of foaming, heat-shielding ability, physico-mechanical properties of the starting material and products of its warming on the nature of the binder and the content of fillers has been investigated.

Keywords: thermoexpanding composit; binder; filler; heat-shielding, physical-mechanical properties; fire resistance limit.

Довольно низкая термо- и огнестойкость конструкций из полимерных материалов ограничивает их применение в строительной отрасли. Использование для этих целей огнезащищенных (содержащих антипиреновые добавки) полимерных материалов приводит к удорожанию конструктивных элементов и не-

редко к изменению физико-механических характеристик полимерного материала. Нанесение на всю поверхность полимерной конструкции огнезащитной термовспенивающейся краски или штукатурки утяжеляет ее и усложняет монтаж. В настоящее время для предотвращения распространения огня внутри зданий и сооружений по полимерным трубопроводам все чаще используют пассивную защиту (противопожарные муфты, проходки, шторы, занавесы). Теплоогнезащитные устройства (противопожарные муфты) содержат термовспенивающийся полимерный композиционный материал (ТПКМ), который за счет многократного увеличения в объеме при нагревании способен перекрывать полимерные трубопроводы в местах их сопряжения с пересекаемыми строительными конструкциями.

ТПКМ для вкладышей противопожарных муфт должен обладать рядом физико-химических, теплозащитных, физико-механических свойств: при огневом воздействии в течение определенного времени (от 15 до 180 мин) обеспечивать температуру на необогреваемой поверхности защищаемой конструкции из полимерного материала не выше значения, при котором происходит падение ее прочности и начинается интенсивная термическая деструкция (~ 120 °С). Одновременно ТПКМ должен быть эластичным, а продукты его термодеструкции кроме высоких теплозащитных свойств иметь необходимую прочность каркаса для сопротивления тепловым потокам.

С целью разработки эффективного недорогого термовспенивающегося композиционного полимерного материала с заданными свойствами исследовали физико-механические свойства, вспенивающую, теплозащитную способности исходного материала и продуктов его прогрева в зависимости от природы связующего и содержания наполнителей.

Образцы ТПКМ готовили как на основе полиолефиновых связующих, так и с применением пленкообразующих полимерных дисперсий. Минеральные наполнители, антипирены, вспенивающие, сшивающие, карбонизирующие агенты вводили в связующее в суммарном количестве от 20 до 60 %.

Эластичность композитов при изгибе оценивали визуально. Вспенивающую способность ТПКМ находили по относительному изменению объема образцов ($V_{\text{кон}}/V_{\text{нач}}$) до и после прогрева в динамическом режиме в интервале температур 20–500 °С. Плотность вспененных продуктов вычисляли по отношению массы образцов к объему в г/см³. Прочность каркаса продуктов отжига в том же температурном интервале образцов конструкционного материала (полипропиленовая трубка диаметром 10 мм длиной 20 мм), обернутого ТПКМ толщиной 1,2–1,7 мм, определяли по остаточному сжатию горизонтально расположенного образца при постоянной нагрузке, действующей в течение определенного времени, по формуле: $\sigma = (h_0 - h_{\text{ост}})/h_0 \cdot 100$, где σ – остаточное сжатие материала, %; h_0 и $h_{\text{ост}}$ – начальная и остаточная высота (диаметр) образца в мм [1].

Испытания теплозащитной способности ТПКМ проводили по разработанной нами лабораторной методике, моделирующей условия испытаний по ГОСТ Р 53306 и СТБ 2224. В лабораторной установке создавали температурный режим стандартного пожара, масштабируя количество горючей нагрузки с

учетом меньшего размера испытательной камеры (17×22×32 см). Конечная температура внутри печи по лабораторной методике также отличалась от стандартных условий (850 °С вместо 1000 °С). В ходе испытаний фиксировали время (мин) достижения предельного состояния (температура не выше 120 °С) на необогреваемой поверхности фрагмента полимерной трубы, на которую внутри печи закреплена противопожарная муфта с испытуемым ТПКМ.

На начальном этапе работы производился выбор природы полимерного связующего и содержания его в композиции. В качестве связующего при создании композиций по первому варианту использовали смеси термопластичных полиолефиновых полимеров или сополимеров с эластомерами (атактический полипропилен, низкомолекулярный полиэтилен, хлорпарафин, пропилен-этиленовый сополимер, сэвилен, полиизобутиленовый каучук).

В качестве связующих на водной основе использовали дисперсии акрилатов, полиуретанов, сополимеров винилацетата с этиленом. Для дальнейших исследований согласно полученным данным по эластичности исходных материалов и теплоизолирующей способности продуктов их термоллиза отобраны суспензии на основе винилацетата и сополимера винилацетата с этиленом.

Для полимерных термовспенивающихся композиций предъявленным требованиям более всего отвечали эластомеры на основе винилацетата и смеси латекса с полимерами, содержащими сэвилен. Найдено, что для обеспечения удовлетворительных физико-механических характеристик вспенивающихся композиций как на водной основе, так и полимерной содержание связующего должно быть не ниже 40 %.

На следующем этапе исследования проведен выбор минеральных наполнителей, способных в композиции с терморасширяющимся графитом (ТРГ) к образованию закрытопористой плотной структуры. В экспериментах с водными дисперсиями в качестве наполнителей исследовали природные минералы различного химического состава доломит (карбонаты кальция и магния), гранит (силикаты алюминия и железа), тальк (силикаты магния). В композиции на основе термопластичных полимеров совместно с ТРГ вводили различные комбинации следующих мелкодисперсных наполнителей и вспенивающих агентов: силикаты или алюмо-, магнийсиликатные природные минералы, соединения титана или хрома, карбонат-содержащие соединения, орто- или полифосфаты. ТРГ вводили в композит от 2,5 % до 30 % за счет снижения содержания минеральных наполнителей.

При исследовании вспенивающей способности и плотности прогретых при 20–500 °С образцов ТПКМ с различным содержанием ТРГ (2,5–30 %) обнаружено, что одновременно с увеличением кратности вспенивания в объеме от 2 до 60 раз плотность карбонизованных продуктов снижается более, чем в 20 раз (рис. 1).

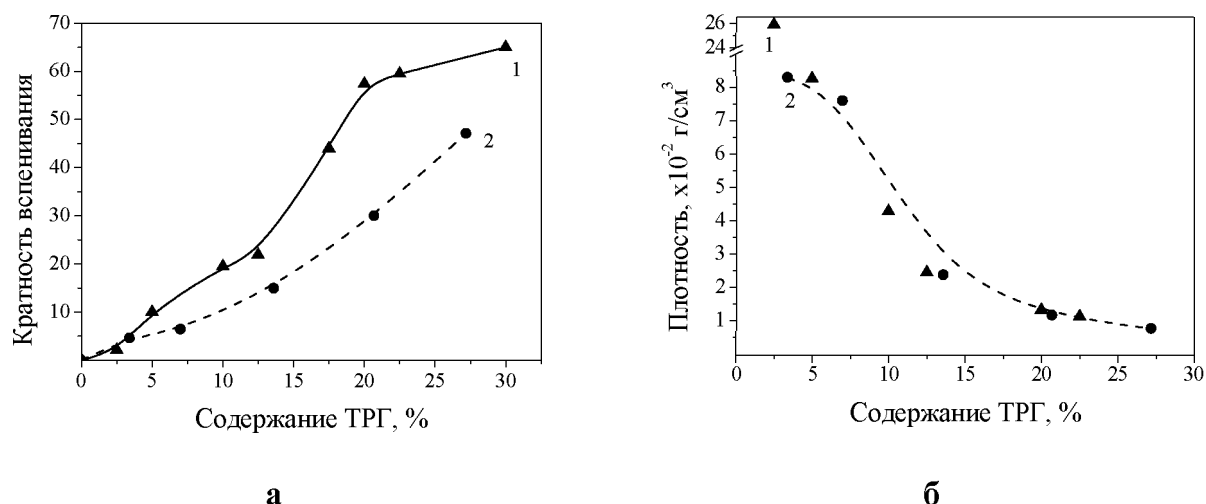


Рис. 1. Кратность вспенивания (а) и плотность (б) продуктов прогрева (20–500 °С) образцов ТПКМ в зависимости от содержания терморасширяющегося графита:
 1 – ТПКМ на основе полимерного связующего; 2 – ТПКМ на основе пленкообразующей дисперсии

При определении механической прочности каркаса прогретых продуктов ТПКМ на основе полиолефинов выявлено уменьшение остаточного сжатия образцов более, чем на порядок при снижении содержания ТРГ (42–2,5 %). Установлено, что введение помимо ТРГ в композицию совместно с природным алюмосиликатом или фосфорсодержащей солью соединений поливалентных металлов, минералов волокнистой или игольчатой структуры способствует усилению механической прочности карбонизованного продукта.

Далее огневым испытаниям, приближенным к стандартным условиям, подвергали по одной из наиболее эффективных композиций, полученных по каждому из технологических способов (таблица): образец 1 – ТПКМ на основе полиолефина, образец 2 – на основе пленкообразующей полимерной дисперсии. Для сравнения в сопоставительных условиях испытывали теплозащитные свойства зарубежного аналога (образец 3).

Таблица 1. Данные огневых испытаний теплозащитных свойств композиционных материалов, полученных различными способами

Образец	Температура по окончании опыта, °С		Время, мин	
	на поверхности фрагмента защищаемой трубы с необогреваемой стороны	внутри фрагмента защищаемой трубы с необогреваемой стороны	начало вспенивания образца	потеря теплоизолирующей способности (предел огнестойкости)
1	120	84	4	108
2	120	95	3	100
3	120	190	3	67

На примере образца 1, проявившего лучшие теплозащитные свойства по результатам расширенных лабораторных испытаний, показана зависимость «температура-время» (рис. 2), полученная в условиях, приближенных к стандартным.

Установлено, что получение требуемых характеристик по эластичным свойствам, кратности вспенивания, механической прочности вспененного слоя, теплозащитной способности существенно зависит от природы минерального наполнителя и содержания в композиции ТРГ.

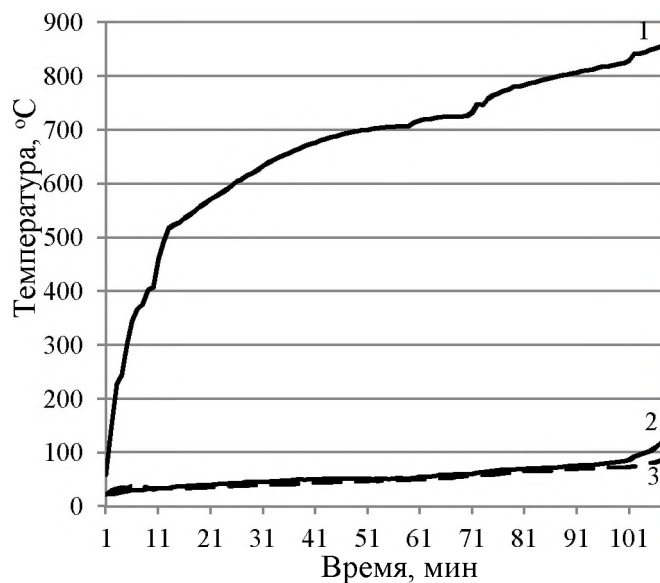


Рис. 2. Экспериментальная зависимость «время–температура» при расширенных испытаниях теплозащитных свойств разрабатываемого композиционного термовспенивающегося материала (образец 1).

1 – температура в печи; 2 – температура на необогреваемой поверхности фрагмента защищаемой полимерной трубы; 3 – температура внутри полости фрагмента защищаемой полимерной трубы с необогреваемой стороны

Таким образом, получены образцы термовспенивающегося композиционного полимерного материала, применимого в устройствах для предотвращения распространения пламени по внутренним строительным коммуникациям, в том числе в противопожарных муфтах. Показаны два технологических варианта получения разрабатываемого композиционного материала: на основе термопластичных полимеров и полимерных водных дисперсий. Исследованы зависимости свойств композитов (вспенивающей способности, плотности и физико-механических свойств продуктов карбонизации) после теплового воздействия от природы и содержания основных компонентов. Разработана методика и проведены расширенные лабораторные испытания теплозащитных свойств наиболее эффективных композиций, полученных двумя способами. В условиях, при-

ближенных к стандартным, лучшие образцы композиционного полимерного термовспенивающегося материала обеспечивали в 1,5 раза более высокий предел огнестойкости полимерной конструкции по сравнению с зарубежным аналогом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резина губчатая. Метод определения остаточного сжатия: ГОСТ 11722-78 (с изм. 1, 2). – Введ. 29.03.1978. – М.: Издательство стандартов, 1978. – 14 с.

УДК 614.838.12

*А. Я. Васин, А. Н. Шушпанов, Е. Б. Аносова,
И. И. Черепихина, О. С. Канаева*

ФГБОУ ВПО «Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева»

ОЦЕНКА ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫХ СВОЙСТВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ АДР-1205 И АДК-175

Изучено термическое разложение и определены пожаровзрывоопасные свойства новых лекарственных препаратов – обезболивающего АДР-1205 и антиаритмического АДК-175. Расчетными методами определены значения энтальпий образования и теплот сгорания исследуемых соединений.

Ключевые слова: пожаровзрывоопасные свойства, горение пылей, АДК-175, АДР-1205, флегматизирующие добавки, инертные элементы.

A. Y. Vasin, A. N. Shushpanov, E. B. Anosova, I. I. Cherepakhina, O. S. Kanaeva

A STUDY OF COMBUSTION AND EXPLOSION CHARACTERISTICS FOR ADK-175 AND ADR-1205

We studied thermal decomposition and investigated the combustion and explosion properties for modern drugs - painkiller ADR-1205 and antiarrhythmic ADK-175. The values of enthalpies of formation and heats of combustion for the given compounds were determined by calculation methods.

Keywords: fire hazard properties, explosive properties, dust combustion, ADK-175, ADR-1205, phlegmatization additives, inert elements.

В современной химической промышленности широко используются ароматические соединения. Одним из крайне важных направлений применения данных соединений является фармацевтическая отрасль, а именно - синтез но-

вых лекарственных средств. В данном исследовании были рассмотрены именно такие препараты – АДР-1205 и АДК-175, синтезированные и полученные из НИИ фармакологии им. В.В. Закусова.

Актуальность работы обусловлена высокими темпами роста фармацевтической промышленности, что приводит к увеличению уровня риска возникновения аварий на производстве. Для снижения риска возникновения и ликвидации последствий аварий и катастроф необходимо знать пожаровзрывоопасные свойства технологических сред, обращающихся на производстве. Сведения о пожаровзрывоопасных свойствах ранее исследованных лекарственных препаратов и их полупродуктов синтеза приведены в литературе [1- 6].

При выполнении работы в ходе исследования использовались современные экспериментальные установки и расчетные методы по определению показателей пожаровзрывоопасности, такие как установка ОТМ (группа горючести), установка ОТП (температурные показатели пожарной опасности), стеклянный взрывной цилиндр, дифференциальный сканирующий калориметр фирмы NETZSCH, программный комплекс ChemOffice для расчета значений энтальпий образования.

Полученные вещества представляют собой белые кристаллические порошки (АДК-175 имеет желтоватый оттенок, при воздействии света желтеет сильнее). Порошок АДР-1205 труднорастворим в воде и спирте. Порошок АДК-175 хорошо растворим в воде, этаноле, хлороформе, практически не растворяется в ацетоне и эфире. Эмпирическая формула АДР-1205 - $C_{21}H_{23}Cl_2FN_4O \cdot 2HCl$. Эмпирическая формула АДК-175 - $C_{28}H_{44}N_4O_4 \cdot HCl$. Структурные формулы соединений приведены на рис. 1 и 2.

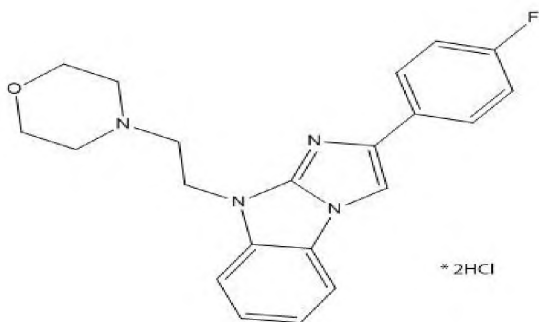


Рис. 1. Структурная формула АДР-1205

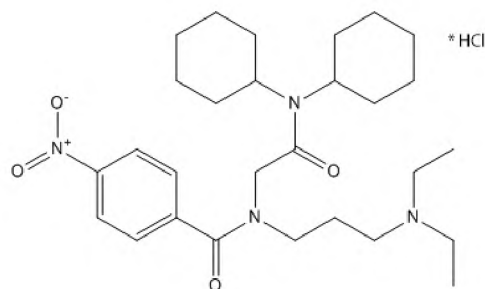


Рис. 2. Структурная формула АДК-175

По своим биологическим свойствам АДР-1205 - фармакологически активное вещество, обладающее каппа-опиоидной агонистической активностью, обезболивающее. АДК-175 – антиаритмический препарат.

Химическое строение веществ подтверждено спектральным методом и элементным анализом. Использовался метод ИК-спектроскопии посредством ИК-Фурье-спектрометра Nicolet 380 FT-IR. Соотнесение спектров выполнялось при помощи [7, 8, 9]. Наличие соответствующих полос поглощения стало подтверждением химического строения вещества. Были обнаружены характерные для обоих веществ полосы поглощения связей $C_{аром}—C$ (1482 см^{-1}), $C_{аром}—H$ (1019 см^{-1}), $—CH_2—$ (2862 см^{-1}), а также характерные для каждого соединения элементы – группа морфолиноэтила (3060 см^{-1}) и связь $C_{аром}—F$ (1106 см^{-1}) для АДР-1205, и связи групп NO_2 (733 см^{-1}) и C_2H_5 (1074 см^{-1}) для АДК-175. Дополнительно для АДК-175 на спектрограмме была обнаружена полоса поглощения еще одного характерного признака этого вещества - двух групп $C=O$ в разных циклах (1645 см^{-1}).

Для соединений проводился элементный анализ [10]. Для АДР-1205 он показал следующие результаты: определено - C (56,61 %), H (5,37 %), Cl (16,12 %), F (4,41 %), N (12,88 %); вычислено - C (57,67 %), H (5,30 %), Cl (16,21 %), F (4,34 %), N (12,81 %). Для АДК-175 определено - C (62,58 %), H (6,64 %), N (10,22 %), Cl (6,95 %), вычислено - C (62,61 %), H (8,44 %), N (10,43 %), Cl (6,6 %). Хорошая сходимость найденных и рассчитанных значений элементов подтверждает химическое строение веществ.

Для оценки термического воздействия на вещества был использован метод TG-DSC на приборе NETZSCH STA 449 F3 Jupiter. Исследование данным методом позволяет измерять изменения массы и тепловых эффектов при температуре до $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$.

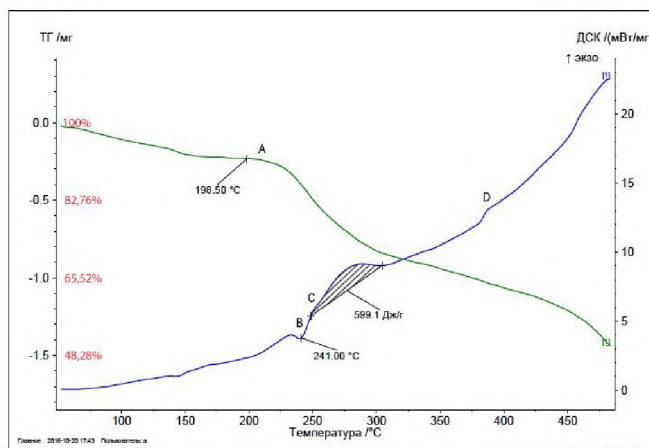


Рис. 3. Термограмма АДР-1205, скорость нагрева $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$

Термограмма АДР-1205 приведена на рис. 3. Из термограммы видно, что при нагревании образца до $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ происходит равномерная потеря массы до 9 %, которую можно объяснить испарением влаги (точка A) – вещество довольно гигроскопично. При $241\text{ }^{\circ}\text{C}$ (точка B) наблюдается эндоэффект с потерей массы 10 %, который, видимо, обусловлен отрывом групп HCl [11]. При $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ начи-

нается экзотермический эффект (точка С) с выделением теплоты 599,1 кДж/кг, связанный с разложением вещества.

На рис. 4 представлена термограмма АДК-175, из которой видно, что при температуре 196,4 °С на кривой ДСК наблюдается заметный эндоэффект, обусловленный плавлением вещества (точка А). При температуре 241 °С наблюдается начало убыли массы без выделения тепла (точка В), которое, видимо, также обусловлено отрывом группы HCl, как и в случае с АДР-1205 [11]. При температуре (250—300) °С наблюдается экзотермический эффект с потерей массы до 40 масс. %, обусловленный дальнейшим разложением вещества. Величина экзоэффекта составила 319,7 кДж/кг.

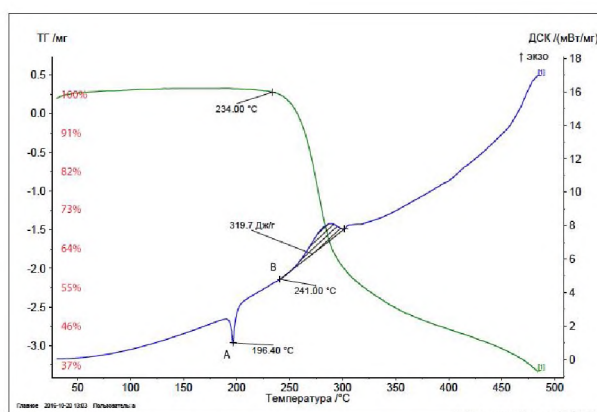


Рис. 4. Термограмма АДК-175, скорость нагрева 5 °С/мин

Экзотермический распад вещества, согласно [12], видимо связан с молекулярными реакциями с участием нитрогрупп (распад нитросоединений в жидкой фазе) и разрывом одной из связей С-N, что подтверждается ИК-спектром газопарообразных продуктов распада при 250 °С, в котором были обнаружены пики, характерные для нитрилов (2191 см⁻¹). Для данного анализа была использована приставка ИК-Фурье-спектрометра TGA-IR (производства Bruker Optics, Германия).

Для предварительной оценки пожаровзрывоопасных характеристик веществ производились расчеты для вычисления таких показателей, как энтальпия образования и теплота сгорания. Определялись температуры воспламенения и самовоспламенения.

Энтальпии образования исследуемых соединений для газообразной фазы рассчитывались при помощи программного комплекса CS ChemBioUltra 14 [13] с пакетом MORAC [14] по двум методам - минимизации энергии молекул и методу поиска переходных состояний, дополнительно был выполнен ручной расчет несколькими аддитивными методами. Из 18 значений, полученных для каждого вещества, были отобраны наиболее близкие и взяты их средние значения. Определялись значения энтальпий плавления и испарения. С учетом их

значений была рассчитана энтальпия образования веществ в твердом состоянии. На основании полученных значений энтальпий образования веществ были рассчитаны их энтальпии сгорания (по закону Гесса). Теплота сгорания также рассчитывалась методом Коновалова-Хандрика [15]. В качестве справочных величин рекомендованы энтальпии сгорания, рассчитанные по закону Гесса, как более достоверные. Значения энтальпий приведены в табл. 1.

Таблица 1. Величины энтальпий образования и сгорания исследуемых веществ

Метод расчета	Вещество	
	АДР-1205	АДК-175
	$\Delta H_{f.f.}$, кДж/моль	
Метод аддитивных связей [16]	168,24	-513,14
Метод Бенсона [17]	-	-486,63
Chemoffice	88,96	-483,68
Среднее значение	94, 25 (-4,84*)	-489,0 (-613,89*)
	$\Delta H_{сг}$, МДж/кг	
Закон гесса	-31,278	-33,541
Метод коновалова-хандрика	-32,141	-33,379

* - рассчитанные энтальпии образования веществ для твердой фазы с учетом энтальпий плавления и испарения.

Полученные показатели пожаровзрывоопасности двух исследованных веществ приведены в табл. 2.

Таблица 2. Пожаровзрывоопасные свойства исследованных веществ

Вещество	Свойства						
	Аэрогель				Аэровзвесь		
	$t_{н.экз.p}$, °C**	$t_{вос}$, °C	$t_{сам}$, °C	Группа горючести	P_{max} , кПа*	$(dP/d\tau)_{max}$, МПа/с*	НКПР, г/м ³
АДР-1205	250	305	390	Горючее, средней воспламеняемости	-	-	до 500 - нет
АДК-175	250	262	365	Горючее, средней воспламеняемости	464,1	34,81	57

* – параметры пожаровзрывоопасности веществ, полученные расчетными методами [15];

** – температура начала интенсивного экзотермического разложения определена методом дифференциальной сканирующей калориметрии при скорости нагрева 5 °C/мин.

В состоянии аэрогеля определялись такие показатели пожаровзрывоопасности, как температура начала экзотермического разложения ($t_{н.экз.p}$), температуры воспламенения ($t_{вос}$) и самовоспламенения ($t_{сам}$), группа горючести. В состоянии аэровзвеси определялись величины значений нижних концентрационных пределов распространения пламени (НКПР), максимальное давления взры-

ва (P_{\max}) и максимальная скорость нарастания давления взрыва $(dP/dt)_{\max}$. Значения $t_{\text{н.экз.р}}$ определялись по данным термограмм. По методике ГОСТ [18] определялись следующие величины: $t_{\text{вос}}$ и $t_{\text{сам}}$ на установке ОТП, группа горючести на установке ОТМ, величина НКПР в стеклянном взрывном цилиндре.

Как видно из табл. 2, при испытании АДР-1205 до концентрации 500 г/м^3 взрыва не наблюдалось. Таким образом пылевоздушная смесь АДР-1205 является пожаровзрывобезопасной при естественных условиях хранения. По всей видимости, это обусловлено высокой склонностью к адгезии и гигроскопичностью вещества, потенциалом к комкованию, а также присутствием инертных элементов N, O, галогена F и 2 групп HCl (суммарно 36,92 масс. %) в структуре вещества [19]. Присутствие одновременно всех этих трех факторов делает пылевоздушную смесь пожаровзрывобезопасной. Для АДК-175 было получено значение 57 г/м^3 , что значительно превышает рассчитанную величину (24 г/м^3) [15]. Это может быть обусловлено высокой термической стойкостью вещества и столь же значительным содержанием инертных элементов в структуре вещества, как и в случае с АДР-1205 (здесь суммарно 31,3 масс. %) [20]. По классификации Годжелло пыль вещества АДК-175 относится к группе взрывоопасных.

Вещества в процессе опыта на установке ОТП интенсивно выделяли пары – тёмно-серые в случае АДК-175 и белые в случае АДР-1205. Температура самовоспламенения АДР-1205 составила $390 \text{ }^\circ\text{C}$, которая соответствует второму экзоэффекту (рис. 3, точка D), обусловленному термоокислением вещества. Оба препарата по итогам испытаний по группе горючести относятся к горючим веществам средней воспламеняемости. При этом воспламенение обоих веществ обусловлено продуктами их термического разложения.

Полученные в работе данные о пожаровзрывоопасности новых лекарственных соединений имеют большое практическое значение. Они будут переданы в НИИ фармакологии им. В.В. Закусова с целью создания безопасных условий ведения технологических процессов, непосредственно связанных с веществом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васин А.Я., Маринина Л.К., Аносова Е.Б., Гаджиев Г.Г. Пожаровзрывоопасность новых фармацевтических препаратов и полупродуктов их синтеза // Химическая промышленность сегодня, 2012, № 5, с. 40-46.
2. Васин А.Я., Маринина Л.К., Аносова Е.Б., Гаджиев Г.Г. Пожаровзрывоопасность некоторых новых лекарственных препаратов и их полупродуктов // Успехи в специальной химии и химической технологии: труды Всероссийской н/т конференции, посвященной 80-летию ИХТ ф-та РХТУ им. Д.И. Менделеева: - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, ДеЛи плюс, 18-20 ноября 2015, с. 354-357.
3. Васин А.Я., Гаджиев Г.Г., Маринина Л.К. Влияние различных функциональных заместителей и групп на взрывоопасность пылей лекарственных препаратов. Успехи в химии и химической технологии. Т. XXIX // М., 2015, №8, с. 39-41

4. *Аносова Е.Б., Васин А.Я., Ляшенко С.М., Гаджиев Г.Г., Маринина Л.К.* Термическая устойчивость и пожаровзрывоопасность продуктов и полупродуктов синтеза лекарственных препаратов // *Пожарная опасность*, 2016. № 1, с. 163-168
5. *Васин А.Я., Гаджиев Г.Г., Райкова В.М., Аносова Е.Б., Шушпанов А.Н.* О взрывоопасности некоторых органических соединений с эксплозифорными группами. // *Химическая промышленность сегодня*, 2016, № 12, с. 50-55.
6. *Васин А.Я., Маринина Л.К., Аносова Е.Б.* Пожаровзрывоопасность производных фенацетина и бензимидазола. Вектор науки ТГУ. // *Тольятти*, 2011, №3(17), с. 37-41.
7. *Беллами Л. Дж.* Инфракрасные спектры сложных молекул. Пер. с англ. / Под ред. Ю. А. Пентина // М.: Изд-во Иностранной литературы, 1963. – 592 с.
8. *Тарасевич Б.Н.* ИК спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы, МГУ им. М.В. Ломоносова, химический факультет, кафедра органической химии // М., 2015, 55 с.
9. *Анисимова Н.А.* Идентификация органических соединений. Учебное пособие // Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2009. — 95 с. (+ рисунки - всего 118 с.)
10. *Баженова Л.Н.* Количественный элементный анализ органических соединений. Уральский государственный университет им. А. М. Горького. Кафедра органической химии. Екатеринбург: 2008. - 356 с.
11. *Васин А. Я.* Взаимосвязь химического строения и пожаровзрывоопасности органических красителей, лекарственных средств и их аэрозвесей /автореферат на соискание ученой степени д.т.н., М., 2008. - 32 с.
12. *Манелис Г.Б., Назин Г.М., Рубцов Ю.И.* Термическое разложение и горение взрывчатых веществ и порохов. // М.: Наука, 1996. - 223 с.
13. Программное обеспечение / ChemOffice // ChemBio3D 14.0 [электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.cambridgesoft.com> (дата обращения 29.05.2017)
14. Программное обеспечение / MOPAC2016, Version: 16.060W, James J. P. Stewart, Stewart Computational Chemistry // Режим доступа <http://OpenMOPAC.net> (дата обращения: 29.05.2017)
15. Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов. Руководство // М., ВНИИПО, 2002. - 77с.
16. *Монахов В. Т.* Методы исследования пожарной опасности веществ. - Москва: Химия, 1979. - 416 с.
17. *Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т.* Свойства жидкостей и газов. - Л.: Химия, 1982. - 592 с.
18. ГОСТ 12.1.044-89 (84) ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения, 1989 г
19. *Васин А.Я.* Изучение влияния различных функциональных заместителей и групп на взрывоопасность органических пылей // *Химическая промышленность сегодня*, 2007, №1, с. 35-39
20. *Васин А. Я., Соболева Л. И., Платонова С. А.* Влияние хлора и инертных элементов в структуре вещества на взрывоопасность органических пылей // *Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сб. материалов II Межвузовской научно-практической конференции Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России*, 2016, с. 27-31

УДК 614.841.41

*А. А. Воронцова**, *Д. В. Калашников**, *А. А. Липский**, *Н. А. Ратов**,
*О. А. Эсатов***, *Е. С. Гаранин***

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

**Главное управление МЧС России по Ивановской области

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РАССЛЕДОВАНИЯ ПРИЧИН ПОЖАРОВ

Рассматриваются вопросы оценки влияния температурного воздействия на различного рода строительные конструкции и способы количественной оценки теплового воздействия на них для целей расследования причин пожаров.

Ключевые слова: строительные конструкции, пожар, высокие температуры, очаг пожара, причина пожара.

*A. A. Vorontsova, D. V. Kalashnikov, A. A. Lipsky, N. A. Ratov, O. A. Jesatov,
E. S. Garanin*

ASSESSMENT OF INFLUENCE OF TEMPERATURE IMPACT ON BUILDING CONSTRUCTIONS OF SUBJECTS TO PROTECTION FOR INVESTIGATION OF THE REASONS OF THE FIRES

Questions of assessment of influence of temperature impact on different building constructions and ways of the quantitative assessment of thermal impact on them for investigation of the reasons of the fires are considered.

Keywords: building constructions, fire, high temperatures, seat of fire, cause of the fire.

Одной из основных задач пожарно-технических специалистов и экспертов является установление очага и причины пожара [1-3]. Для определения места расположения очага пожара необходимо проводить как визуальную, так и количественную оценку степени термического воздействия на различные виды строительных конструкций и материалов: деревянных, металлических (стальных), бетонных, железобетонных, кирпичных.

Как известно, при пожарах возникают дополнительные нагрузки и воздействия, которые во многих случаях приводят к разрушению строительных конструкций объектов защиты в целом. К неблагоприятным факторам, действующим на конструкции при пожаре, относятся: высокая температура, давле-

ние газов и продуктов горения, динамические нагрузки от падающих обломков обрушившихся элементов здания и пролитой воды, резкие колебания температур. Высокая температура в горящем помещении образуется за счет тепла, выделяющегося при горении веществ. Часть тепла расходуется также на нагрев строительных конструкций и оборудования. По высоте помещения температура распределена неравномерно: более высокая температура устанавливается в верхней зоне помещения. Температура среды на пожарах зависит от физико-химических свойств и количества пожарной нагрузки, степени вентиляции помещений и прочих факторов. Стандартный температурный режим характерен для пожаров в жилых зданиях [4].

По статистике наибольшее количество пожаров на территории Ивановской области происходит в жилом секторе. Строения в большинстве случаев выполнены из деревянных, металлических (стальных), бетонных, железобетонных, кирпичных строительных конструкций. В некоторых случаях строительные конструкции на пожаре сохраняют свою несущую способность, но бывают случаи и полного разрушения строений. Поэтому перед пожарно-техническим специалистами и экспертами приходится устанавливать очаг пожара (место первоначального возникновения пожара) [5] с помощью специально разработанных количественных методов оценки степени термического воздействия на различного рода строительные конструкции.

Далее подробнее рассмотрим особенности поведения строительных конструкций в условиях пожара и методы их исследования в целях расследования причин пожаров.

Деревянные конструкции обладают повышенной пожарной опасностью. Невысокая температура воспламенения древесины (280 – 300 °С, а при длительном нагреве - 130°С) приводит к загоранию конструктивных элементов даже при незначительном очаге пожара. При этом скорость переугливания древесины незначительна (от 0,7 до 1 мм/мин в зависимости от поперечного сечения конструкции), поэтому время обрушения массивных деревянных конструкций сопоставимо в ряде случаев с пределом огнестойкости железобетонных конструкций. Несмотря на пожарную опасность, древесина широко используется в современном строительстве [4].

Таким образом, на пожаре древесина обугливается, а образовавшийся уголь постепенно выгорает. Глубина обугливания деревянных конструкций и изделий в тех или иных зонах пожара - важная характеристика, объективно отражающая степень термического поражения этих конструкций. Измерение глубин обугливания часто позволяет выявить и зафиксировать признаки направленности распространения горения, иногда - выявить зону наибольших термических поражений. Глубина обугливания, как и степень термического поражения подавляющего большинства материалов, является функцией двух величин – температуры и длительности теплового воздействия. Методика исследования обугленных остатков древесины (древесных углей) и древесно-стружечных плит позволяет пожарно-техническим специалистам и экспертам решить задачу раздельного определения температуры и длительности горения по результатам

измерения глубин обугливания и определения отдельных физико-химических свойств угля. В настоящее время на практике широко используется самый простой, быстрый и информативный метод – электрорезистивный – заключающийся в измерении удельного электросопротивления углей под давлением.

Данная методика позволяет определять (расчетом по специальным формулам или по номограммам) ориентировочную, так называемую «средневременную интегральную» (определяемую интегрированием площади под кривой изменения температуры за определенный промежуток времени), температуру нагрева поверхности древесины (угля) – T , и τ_d - длительность процесса пиролиза древесины (стадии термического разложения древесины с образованием газообразных горючих летучих продуктов, без учета индукционного периода). Кроме того, по специальной формуле рассчитывается τ_0 - так называемый индукционный период – время прогрева древесины до температуры, при которой процесс пиролиза идет с расчетной скоростью. Общее (суммарное) время пиролиза древесины в точке отбора пробы рассчитывают как сумму τ_d и τ_0 . В случае, если имеется сквозной прогар или деревянная конструкция (деталь) переуглена на всю глубину, дополнительно рассчитывается τ_y – время выгорания угольного слоя после завершения процесса пиролиза древесины (т.е. продолжительности стадии выгорания образовавшегося угольного остатка). В противном случае τ_y принимается равным нулю [3, 6].

Далее рассмотрим поведение в условиях пожара каменных и железобетонные конструкции. Благодаря своей массивности и хорошим теплофизическим показателям такие конструкции хорошо сопротивляются действию огня в условиях пожара. Высоким пределом огнестойкости обладают кирпичные колонны, стены и перегородки. При пожаре конструкции из глиняного кирпича в течение нескольких часов выдерживают нагревание до 700 – 900 °С, практически не снижая своей прочности и не обнаруживая признаков разрушения. При этом, наблюдаются только поверхностные повреждения кладки в виде волосяных трещин и отслаивания тонких слоев. Предел огнестойкости конструкций из силикатного кирпича по прогреву такой же, как и из глиняного кирпича, что объясняется их одинаковыми теплофизическими характеристиками. Однако по изменению прочности при действии высокой температуры силикатный кирпич уступает глиняному. Стены и перегородки из естественных камней удовлетворительно ведут себя до температуры 900 °С.

Предел огнестойкости железобетонных перекрытий и покрытий зависит от конструктивного исполнения, степени нагруженности, теплофизических и прочностных свойств материалов [4].

При поисках очага пожара используется методика выявления остаточных температурных зон на теплоемких конструкциях (кирпичные и бетонные стены, перекрытия и т.п.). Суть методики заключается в следующем. Конструктивные элементы зданий и сооружений, обладающие малой теплопроводностью и достаточно высокой теплоемкостью (кирпичные, бетонные), прогреваясь в ходе

пожара, по окончании его отдают тепло в окружающую среду постепенно, как хорошо протопленная кирпичная печь. В зонах, где горение было достаточно длительным, стена успевает прогреться лучше (на бóльшую глубину и до бóльших температур). И остывает она в этих зонах, соответственно, более длительно, нежели менее прогретые участки. Пожарно-технические специалисты, прибывшие на место пожара сразу или через несколько часов после его ликвидации, часто застают конструкции (стены) еще теплыми.

Большинству пожаров свойственно более длительное горение в очаговой зоне. Соответственно, в этой зоне окружающие конструкции успевают прогреться лучше, чем в других, что и обнаруживается после пожара. Таким образом, информация об остаточных температурных зонах на окружающих конструкциях при выявлении очага пожара может представлять практический интерес.

Остаточное температурное поле нагрева стены можно зафиксировать либо последовательным измерением температуры в различных ее точках, либо фиксацией тепловой картины методом ИК-термографии или тепловидения. Электромагнитное (тепловое или инфракрасное) излучение возникает в твердых телах, жидкостях и газах вследствие колебаний атомов в кристаллической решетке или вращательно-колебательного движения молекул. Для работы по данной методике используют пирометры и тепловизоры – приборы, позволяющие дистанционно определять температуру нагрева конструкций и предметов или фиксировать соответствующие тепловые поля. Исследованию целесообразно подвергать капитальные стены и потолок помещения (если перекрытия железобетонные).

Для выявления зон термических поражений бетонных и железобетонных конструкций используют также ультразвуковой импульсный метод. Метод основан на определении скорости распространения в бетоне ультразвуковых волн. Суть метода заключается в следующем. Происходящие при нагреве сложные физико-механические и физико-химические изменения влияют на акустические свойства бетона. Причём наибольшие изменения происходят в его поверхностном слое. Исследования зависимости скорости поверхностных УЗ-волн от температуры и длительности нагрева для бетонов различных марок позволили специалистам ВНИИПО установить связь между ними. Относительная скорость поверхностных УЗ-волн с увеличением температуры и длительности нагрева последовательно снижается, причём такая картина характерна для всех марок бетона. Данное обстоятельство позволяет на месте пожара путём измерения относительной скорости прохождения УЗ-волн на отдельных участках поверхности бетонных и железобетонных конструкций выявлять зоны различных термических поражений. Для обследования конструкций после пожара используются дефектоскопы УКБ-1М - ультразвуковые приборы с осциллографическим индикаторным устройством, которое позволяет измерять время прохождения УЗ-импульса, а также измерять степень их затухания [6].

Металлические конструкции в условиях пожара ввиду значительной теплопроводности и малой теплоемкости быстро прогреваются до критических температур, что вызывает их обрушение. Зачастую обрушение стальных конст-

рукций не ограничивается местом возникновения пожара, а в силу существующих связей между фермами, прогонами и балками распространяется на значительные площади, усугубляя последствия пожара. Особенно неблагоприятные условия работы для металлических конструкций при пожаре создаются тогда, когда они находятся в сочетании с горючими материалами [4].

Определение степени термических поражений стальных конструкций и изделий проводится вихретоковым методом. Суть методики заключается в оценке степени термического поражения стальных изделий, как холоднодеформированных, так и горячедеформированных путем определения физических параметров, коррелирующих с толщиной слоя окисла (окалины), образующейся при нагревании в ходе пожара. Исследование осуществляется путем измерения величины ЭДС (мВ) на поверхности стальных изделий. 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. Для исследований по данной методике в настоящее время используются вихретоковые приборы «МВП-2М».

Выявление зон термических поражений холоднодеформированных стальных изделий проводится также магнитным методом. 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 (степень рекристаллизации) у стальных изделий при нагревании в ходе пожара. Определение степени рекристаллизации осуществляется магнитным методом.

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. Для определения величины тока размагничивания используется коэрцитиметры [6].

Таким образом, в настоящее время пожарно-техническими специалистами и экспертами для количественной оценки влияния температурного воздействия на строительные конструкции объектов защиты используются современные физические методы исследования, с помощью которых возможно установить очаговую зону пожара, что в дальнейшем помогает практическим работникам в расследовании причин пожаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методология судебной пожарно-технической экспертизы: основные принципы. М.: ФГБУ ВНИИПО, 2013. - 23 с.
2. Мегорский Б.В. Методика установления причин пожаров. - М.: Стройиздат, 1966. – 347 с.
3. Чешко И.Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования). СПб, СПБИБП МВД России, 1997. – 560 с.
4. Грушевский Б.В., Котов Н.Л., Сидорук В.И. и др. Пожарная профилактика в строительстве. – М.: Стройиздат, 1989. – 368 с.
5. ГОСТ 12.1.033-81. Пожарная безопасность. Термины и определения.
6. 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 614.841.41

А. А. Воронцова^{,**}, Н. М. Панев^{*}, А. Л. Никифоров^{*}, А. В. Петров^{*},
А. А. Александров^{*}, О. А. Эсатов^{***}*

^{*}ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

^{**}ФГБУ «СЭУ ФПС «Испытательная пожарная лаборатория» по Ивановской области»

^{***}Главное управление МЧС России по Ивановской области

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ
НА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ
СПЕКТРАЛЬНЫМИ И ТЕРМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ АНАЛИЗА**

Рассматриваются вопросы использования различных физико-химических методов исследования для исследования огнезащитных свойств покрытий на строительных материалах из древесины.

Ключевые слова: древесина, огнезащита, огнебиозащитный состав, спектроскопия, антипирен, пожар, горючесть, термический анализ.

*A. A. Vorontsova, N. M. Panev, A. L. Nikiforov, A. V. Petrov, A. A. Alexandrov,
O. A. Jesatov*

**RESEARCH OF FIREPROOF PROPERTIES OF COVERINGS ON STRUCTURAL
MATERIALS FROM WOOD BY SPECTRAL AND THERMAL METHODS
OF THE ANALYSIS**

Questions of use of various physical and chemical methods of a research for a research of fireproof properties of coverings on structural materials from wood are considered.

© Воронцова А. А., Панев Н. М., Никифоров А. Л., Петров А. В.,
Александров А. А., Эсатов О. А., 2017

Keywords: wood, fire protection, огнебиозащитный состав, spectroscopy, fire retardant, fire, combustibility, thermal analysis.

В современное время древесина остается одним из самых популярных строительных материалов. Но главными недостатками древесины являются ее легкая воспламеняемость и горючесть. Поэтому для защиты деревянных конструкций с целью увеличения предела огнестойкости их подвергают поверхностной обработке огне- и огнебиозащитными составами [1-3]. Наибольшее распространение получила обработка огнебиозащитными составами. Это связано с тем, что обработками такими составами позволяет не только увеличивать предел огнестойкости и уменьшать скорость распространения горения по поверхности, но и защищает древесину от неблагоприятного влияния различного рода микроорганизмов.

Огнезащитные свойства покрытий для деревянных конструкций определяются согласно ГОСТ Р 53292-2009 «Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний» и ГОСТ Р 53293-2009 «Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа». Наиболее эффективным и информативными методами анализа огнезащиты являются методы термического анализа. Термический анализ является одним из самых распространенных методов физико-химических исследований. Он позволяет исследовать поведение индивидуальных веществ и композиций в условиях программируемого нагрева.

На практике классификация и количественная оценка различных процессов, происходящих при нагревании образцов, осуществляется по кривым тепловыделения или изменения массы при обработке термограмм. Особый интерес представляет определение кинетических параметров этих процессов, а также оценка механизмов их протекания. Для изучения средств огнезащиты используются метод термогравиметрического анализа, метод дифференциально-термического анализа и метод *дифференциальной сканирующей калориметрии*.

В настоящее время сотрудниками ФГБУ ВНИИПО МЧС России была обновлена информационная база данных по термоаналитическим кривым большого количества средств огнезащиты. Такие базы чаще всего используются для сертификации продукции и подтверждению их качества согласно международным стандартам. Использование таких баз данных затруднено в экспертной практике пожарно-технических специалистов, которые осуществляют свою деятельность на базах испытательных пожарных лабораторий МЧС России. Прежде всего это связано с отсутствием необходимого оборудования для проведения термического анализа ввиду высокой стоимости аппаратуры и отсутствия данного вида оборудования в нормах положенности большинства лабора-

торий. Поэтому чаще всего контроль качества огнезащитной обработки осуществляется только при помощи прибора ПМП-1 (прибор малогабаритный переносной), который имеет ряд серьезных недостатков. Данный прибор ничего не измеряет, не контролирует, метрологически не обеспечивается, обладает высокой стоимостью при относительно незамысловатой конструкции. Данный метод анализа длительный, разрушающий. Поэтому в настоящее время проводится разработка неразрушающего метода контроля качества огнезащитной обработки деревянных конструкций, с сокращением времени одиночного измерения до 5 секунд. В настоящее время ведется патентная проработка. Совместно с этим разрабатывается алгоритм исследования огнезащитных составов, нанесенных на конструкции, и возможность их идентификации после пожара [4, 5].

В качестве наиболее доступных методов исследования средств огнезащиты деревянных конструкций были выбраны: метод инфракрасной спектроскопии, метод электронной спектроскопии и химические тест-методы.

Из данных методов наиболее информативным является метод инфракрасной спектроскопии. И к настоящему времени ФГБУ ВНИИПО МЧС России сформирована информационная база данных инфракрасных спектров различных средств огнезащиты, доступных пожарно-техническим специалистам. При этом одним из главных отрицательных моментов является отсутствие методических рекомендаций по использованию данного метода в экспертной практике, отсутствие самой электронной базы, спектры снимаются на оборудовании, которое отсутствует в судебно-экспертных подразделениях ФПС МЧС России, что представляет некоторую сложность в использовании полученных результатов.

Поэтому авторами была предложена альтернативная методика снятия ИК спектров средств огнезащиты на оборудовании, которое находится в распоряжении как пожарно-технический специалистов СЭУ ФПС МЧС России, так и образовательных учреждений ГПС МЧС России. При этом использовался метод ИК – Фурье – спектроскопии, который обладает следующими достоинствами: ИК – Фурье – спектрометрами обеспечены все СЭУ ФПС МЧС России, быстрое снятие ик – спектра исследуемого образца (в течении 10 секунд), высокое качество полученного результата, возможность использования оборудования специалистом без специальной длительной подготовки [6].

Первоначально снимались инфракрасные спектры выбранных для исследования огнезащитных составов, наиболее используемых на объектах с массовым пребыванием людей, расположенных на территории Ивановской области. При этом были также подключены химические тест-методы, т.е. для каждого огнезащитного состава были подобраны цветные качественные реакции, на основании чего были разработаны реактивные индикаторные средства как индивидуального, так и общего использования.

Для изучения поведения выбранных огнезащитных составов в условиях пожара, они наносились на фрагменты сосновой древесины и подвергались огневым испытаниям в муфельной печи при температурах 350 и 700 °С. Из водных растворов образцов, подвергшихся термическому воздействию, методом ультразвуковой экстракции экстрагировали остатки огнезащитных составов.

Полученные таким образом экстракты упаривались, твердые остатки сушились до постоянной массы и далее снимались инфракрасные спектры и проводился химический анализ с помощью индикаторных средств.

По итогам проведения экспериментальной части работы была создана база данных инфракрасных спектров изучаемых огнезащитных составов для древесины. В ходе их детального изучения было выявлено, что огнезащитные составы после пожара можно идентифицировать по характеристическим полосам поглощения групп, входящих в их химический состав [4, 5].

Также для идентификации средств огнезащиты до и после пожара возможно использование спектрофлуориметров, имеющихся в СЭУ ФПС МЧС России. При этом проводится фотометрическое исследование проб и снимаются электронные спектры пропускания. В данный момент применение выше указанного метода находится в экспериментальной разработке, подбирается пробоподготовка образцов и условия снятия спектров. Также на стадии эксперимента находится применение термического анализа для исследования свойств огнезащитных составов, использующихся для обработки деревянных конструкций объектов защиты Ивановской области.

Таким образом, авторами рассмотрены некоторые проблемные вопросы исследования качества и идентификации огнезащитных составов и предложены пути решения данной проблемы с помощью использования комплекса более доступных и экспрессных методов исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изм. и доп. от 3 июля 2016 г.) // ФЗ РФ от 28 июля 2008 г. № 30 (часть I) ст. 3579.
2. *Собурь С.В.* Огнезащита материалов и конструкций. Учебно-справочное пособие. — 5-е изд., перераб. — М.: ПожКнига, 2014. — 256 с.
3. *Сивенков А.Б.* Влияние физико-химических характеристик древесины и ее пожарную опасность и эффективность огнезащиты. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. — М.: АГПС, 2015. — 289 с.
4. *Александров А.А., Панев Н.М., Воронцова А.А., Никифоров А.Л., Калашников Д.В.* Новый подход к изучению огне- и огнебиозащитных составов для строительных конструкций из древесины: Молодые ученые – развитию текстильно-промышленного кластера (ПОИСК-2017): сб. материалов межвуз. науч.-техн. конф. аспирантов и студентов (с междунар. участием). Ч. 1. – Иваново: ИВГПУ, 2017. – 248 с., с. 86-87.
5. *Панев Н.М., Воронцова А.А., Животягина С.Н., Никифоров А.Л.* Проблемы разработки огнезащитных составов для древесины и контроля их наличия // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2017. - № 2 (23). – С. 7 – 11.
6. *Андреева Е.Д., Принцева М.Ю., Чешко И.Д.* Применение метода инфракрасной спектроскопии для исследования антипирированной древесины // Пожарная безопасность. – 2013. – № 4. – С. 69 – 73.

УДК 661.174

Р. А. Гавахунова, А. А. Устинов, О. А. Зыбина

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВСПУЧИВАЮЩИХСЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Статья посвящена изучению поведения различных марок пентаэритрита, диоксида титана в интумесцентном процессе, с целью повышения эксплуатационной эффективности вспучивающихся композиций.

Ключевые слова: интумесцентные покрытия, термический анализ, коэффициент вспучивания, огнезащитная эффективность, пентаэритрит, диоксид титана.

R. A. Gavakhunova, A. A. Ustinov, O. A. Zyбина

INCREASE OF OPERATIONAL EFFICIENCY OF SWELLING FIRE-PROTECTIVE COATINGS FOR BUILDING CONSTRUCTIONS

The abstract overviews the study of behavior of different trademarks of pentaerythritol, titanium dioxide in intumescent process aiming to increase the operational efficiency of swelling fire-protective compositions.

Keywords: intumescent coatings, thermal analysis, swelling coefficient, fire-protective efficiency, pentaerythritol, titanium dioxide.

В настоящее время к зданиям и сооружениям, а в частности к их элементам – несущим и ненесущим конструкциям, предъявляются определенные требования в части пожарной безопасности. С целью обеспечения требуемых пределов огнестойкости строительные конструкции покрываются вспучивающимися огнезащитными составами. При пожаре такое покрытие вспучивается и образует пенококсовый экран на защищаемой поверхности, в результате увеличивается предел огнестойкости конструкций. Очевидно, что мероприятия, приводящие к увеличению эксплуатационной эффективности защитного покрытия как в условиях пожара, так и в обычных условиях являются актуальными.

Обзор литературных источников и патентных описаний [1-4] показывает, что оптимальным, с точки зрения огнезащитной эффективности и технологической практики применения, на сегодняшний день, является использование композиций, включающих в себя интумесцентную триаду: пентаэритрит, меламин и полифосфат аммония [2]. В результате термолиза основных компонентов вспучивающихся огнезащитных покрытий образуется трехмерная меламинальдегидная смола, которая является основой пенококса.

При создании рецептур огнезащитных составов производители опираются на опыт, накопленный в течение нескольких десятков лет. Создание новых эффективных составов затруднено недостатком знаний о процессах термической деструкции огнезащитных композиций и влиянии каждого компонента на процессы коксообразования.

На сегодняшний день сырьевая база представлена многообразием торговых марок и очевидно, что изменение физико-химических свойств ингредиентов вспучивающихся композиций будет менять характер процессов, протекающих при термоллизе покрытия и влиять на огнезащитную эффективность последнего в целом [3]. Авторами предпринята попытка выявить влияние аналогов одних из главных составляющих композиции: пентаэритрита и диоксида титана, на эксплуатационные свойства интумесцентных покрытий. Для этого важно представлять механизм огнезащитного действия интумесцентных композиций.

Пентаэритрит в интумесцентных системах традиционно рассматривается как продукт, образующий поли- и олигоэфиры с фосфорными кислотами [2-5]. Результаты наших исследований, опирающиеся на данные термического анализа, хроматомасспектроскопии, газовой хроматографии, ИК-спектроскопии, показывают, что в действительности пентаэритрит не что иное, как источник окислительного превращения в альдегиды [1-5]. Последние, вступая в реакцию с меламином, образуют макромолекулы, являющиеся основой субстратизирующего пенококсового слоя [4].

В общем виде при взаимодействии меламина с альдегидами образуются полимерно-олигомерные структуры типа аминосмол. Отверждение и сшивка rjnjs происходит под влиянием продуктов разложения полифосфата аммония – фосфорных кислот. Термические свойства меламиноальдегидных смол определяются высокой термической стабильностью триазиновых ядер. Диоксид титана выступает в роли дегидратирующего агента, на поверхности которого происходит разложение пентаэритрита, т.е. запускается механизм образования пенококса [5]. Кроме того, он образует термостойкие соединения, позволяющие пенококсовому слою дольше сопротивляться высоким температурам и пламени.

Оценку огнезащитной эффективности проводят в условиях натуральных огневых испытаний, но это трудоемко, дорого и целесообразно на этапе сертификации материала. В лабораторных условиях используют сравнительные, в отдельных случаях полуколичественные показатели, свидетельствующие об изменении огнезащитных свойств материала, например, кратность пенококса. Для получения более объективных данных применяли дифференциально-термический анализ. Совокупности данных методов достаточно для установления характера влияния наполнителей на свойства интумесцентных композиций.

Нами были изготовлены образцы вспучивающейся огнезащитной композиции, в состав которой вошли: меламин, пентаэритрит, полифосфат аммония, диоксид титана, сополимерная виниловая дисперсия и технологические добав-

ки. В первом случае композиции отличались только маркой пентаэритрита, произведенного компанией «Метафракс». Характеристики образцов пентаэритрита приведены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики образцов пентаэритрита «Метафракс»

Характеристики пентаэритрита	Маркировка образца					
	1	2	3	4	5	6
Массовая доля МПЭ, %	98,9	98,9	96,8	96,8	94	94
Температура плавления, °С	260	260	251	251	242	242
Средний размер частиц, мкм	40	20	40	20	40	20

Результаты испытаний композиций с разными марками пентаэритрита производства «Метафракс» составлены по данным термограмм [6] и приведены в табл. 2. Все композиции продемонстрировали удовлетворительные интумесцентные свойства. У образцов, содержащих пентаэритрит с более тонким помолом (20 мкм), коэффициент вспучивания оказался большим, чем у образцов со стандартным помолом (40 мкм). Что достаточно закономерно, поскольку известно, что скорость химических реакций возрастает с увеличением поверхности реагирующих веществ, а более тонкодисперсный пентаэритрит становится более доступным для других ингредиентов синтеза пенококка.

Таблица 2. Результаты испытаний огнезащитных покрытия образцов пентаэритрита «Метафракс»

Характеристики огнезащитной композиции	Маркировка образца композиции					
	1	2	3	4	5	6
T 5% потери массы, °С	122	127	128	122	124	129
T 50% потери массы, °С	349	355	352	332	349	364
T Полной потери массы, °С	777	745	772	739	734	782
Коэффициент вспучивания	51	62	48	55	53	67

Изменение содержания примесей в пентаэритрите приводит к изменению температуры его разложения. От начала разложения пентаэритрита зависит начало термолитического синтеза каркасной меламинальдегидной смолы – полимерно-олигомерной основы пенококка [7]. Содержание примесей в составе пентаэритрита, отличающееся на единицы процентов в разных образцах, принципиально не сказывается на способности к интумесценции, это связано с тем, что меламин способен реагировать с альдегидами в сравнительно широком концентрационном диапазоне последних. Потеря массы характеризует термостойкость огнезащитных композиций. Данный показатель не коррелирует с коэффициентом вспучивания в рамках проведенных испытаний.

Из полученных данных видно, что наилучшие результаты по всем показателям продемонстрировал образец №6, содержащий пентаэритрит наименьшей чистоты и наименьшего помола.

Во втором случае композиции отличались только маркой диоксида титана. Характеристики марок диоксида титана приведены в табл. 3.

Результаты испытаний композиций с разными марками диоксида титана составлены по данным термограмм [8] и приведены в табл. 4.

Таблица 3. Характеристики марок диоксида титана

Характеристики TiO ₂	Маркировка образца				
	1	2	3	4	5
Производитель	Du Pont	Scott Chemicals	Scott Chemicals	Cristal Global	Cristal Global
Торговая марка	R-706	Scotwhite Anatase (FPC)	Optimum ZR	Tiona AT-1	Tikon TR-33
Модификация	Рут.	Анатаз.	Рут.	Анатаз.	Рут.
Поверхностная обработка	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , органич.	Al ₂ O ₃ , SiO ₂	Al ₂ O ₃ +ZrO ₂ , органическая	нет	Al ₂ O ₃ +ZrO ₂ , органическая
Содержание TiO ₂ , %	93	99	92,5	98,5	94
Маслоёмкость, г/100г	13,9	20	20	20	21

Таблица 4. Характеристики термостойкости ОВК для образцов М1-М5

Параметр/ № обр.	М-1	М-2	М-3	М-4	М-5
T 5% потери массы, °C	186,5	210	189,5	199,5	214
T 50% потери массы, °C	363,5	345	364	351	372
T Полной потери массы, °C	774	773	864,4	757	779,3
Зольный остаток (при 600° C),%	11,1	8,3	13,6	8,4	11,1
Коэффициент вспучивания	69	39	55	53	70

На наш взгляд, диоксид титана выступает в роли зародышеобразователя ячеистой структуры пенококсового слоя. На поверхности частиц диоксида титана происходит распад пентаэритрита на уксусный и муравьиный альдегиды, с последующим образованием меламинальдегидной смолы. Диоксид титана в огнезащитной композиции способствует формированию более однородной пены, добавляет термостабильность пенококсу.

Приведенные выше результаты показали, что природа и поверхностная обработка образцов TiO_2 влияют на огнезащитные свойства. Наилучшие показатели у образца М-1.

Наши исследования показали, что природа компонентов, их марка оказывают существенное влияние на эксплуатационные свойства огнезащитных покрытий, в частности, изменяется скорость сгорания (потери массы) покрытия, выход и степень расширения образующегося пенококса (теплоизолирующая способность). У разных производителей пентаэритрит обладает разной степенью помола, что влияет на выход и степень расширения образующегося пенококса (теплоизолирующая способность), более тонкодисперсный пентаэритрит продемонстрировал лучшее значение коэффициента вспучивания.

Марка TiO_2 также влияет на огнезащитную эффективность вспучиваемого покрытия и протекание физико-химических процессов, что связано с состоянием поверхности образцов TiO_2 , главным образом, поверхностной обработкой, которая, в большинстве случаев, представлена оксидами алюминия, циркония, кремния. Данные соединения, как собственно и сам диоксид титана, используются в реакциях дегидратации многоатомных спиртов. Таким образом, на наш взгляд, диоксид титана во-первых выступает в роли зародышеобразователя ячеистой структуры пенококсового слоя, способствует формированию более однородной пены, а во вторых добавляет термостабильность пенококсу, образуя термостойкие соли с фосфорными кислотами.

Таким образом, нами установлено, что любые, даже незначительные, изменения в рецептуре, относящиеся к замене компонента на его, казалось бы, полный аналог влекут за собой изменения в термоаналитических кривых и идентификационных характеристиках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Машляковский Л.Н.* Органические покрытия пониженной горючести / Л.Н. Машляковский, А.Д.Лыков, В.Ю. Репкин. – Л.: Химия, 1989 – 280 с.
2. *Зыбина О.А.* О роли и превращениях компонентов огнезащитных вспучивающихся лакокрасочных композиций в процессе термолиза / О.А. Зыбина, А.В. Варламов, Н.С. Чернова, С.С. Мнацаканов // Журнал прикладной химии. –2009.–Т.82, № 4. – С. 1445-1449.
3. *Зыбина О.А.* Проблемы технологии коксообразующих огнезащитных композиций / О.А. Зыбина, А.В. Варламов, С.С. Мнацаканов – Новосибирск: ЦРНС, 2010. – 50 с.
4. *Зыбина О.А.* Формирование интумесцентного слоя при термолизе органофосфатаммонийных огнезащитных покрытий / О.А. Зыбина, О.Э. Бабкин, Л.Т. Танклевский, С.С. Мнацаканов // Мир гальваники. – 2014. – № 5. – С. 56-58.
5. *Ненахов С.А.* Влияние наполнителей на структуру пенококса на основе полифосфата аммония/ С.А. Ненахов, В.П. Пименова, Л.И. Натейкина// Пожаровзрывобезопасность. – 2009. – Т.18, №8. – С. 51-58.
6. *Сильников М.В.* Исследование влияния пентаэритрита на термолитический синтез огнезащитных коксовых покрытий / М.В. Сильников, О.А. Зыбина, В.И.

Полякова, Р.А. Гавахунова // Вопросы оборонной техники. – 2017. – №16. – С. 41-45.

7. *Зыбина О.А.* Специфические реакции ингредиентов в огнезащитных вспучивающихся лакокрасочных композициях / О.А. Зыбина, И.Е. Якунина, О.Э. Бабкин, С.С. Мнацаканов, Е.Д. Войнолович // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2014. – № 12. – С. 30-33.

8. *Полякова В.И., Зыбина О.А.* Влияние характеристик диоксида титана на огнезащитную эффективность коксообразующих защитных покрытий // Научные технологии функциональных материалов: материалы III международной научно-технической конференции 5–7 октября 2016 года СПб.: СПбГИКиТ, 2016. – 107 с.

УДК 536.2.023

М. Г. Есина, О. В. Хонгорова, А. К. Соколов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ПО ИЗМЕРЕННЫМ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ТЕМПЕРАТУРНЫМ ПОЛЯМ

Проведена сравнительная характеристика методов расчета температурных полей твердых тел по измеренным в экспериментах температурным полям, приведен алгоритм расчета зависимости температуропроводности от температуры.

Ключевые слова: методы определения теплофизических свойств, расчет температуропроводности, обратная задача теплопроводности, численно-аналитический метод.

M. G. Esina, O. V. Khongorova, A. K. Sokolov

METHODS FOR DETERMINATION OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES MATERIALS MEASURED IN EXPERIMENTS TEMPERATURE FIELDS

The comparative characteristics of the methods for calculating the temperature fields of solids based on the temperature fields measured in the experiments are given, an algorithm for calculating the temperature diffusivity versus temperature is given.

Keywords: methods for determination of Thermo physical properties, calculation of thermal diffusivity, inverse problem of heat conduction, numerical-analytical method.

Основным фактором, воздействующим на строительные конструкции и отделочные материалы при пожарах, является высокая температура, под воздействием которой утрачивается несущая и ограждающая способность

конструкций. Поэтому для исследования прогрева и разработки расчетных методов оценки огнестойкости конструкций, а также выхода токсичных летучих веществ из отделочных материалов до температуры их воспламенения, в первую очередь, необходимо знать их тепловое состояние в процессе огневого воздействия.

Для исследования прогрева строительных конструкций при пожарах необходимо производить решение задачи нестационарной теплопроводности в твёрдых телах. При этом кроме основного уравнения теплопроводности (уравнение Фурье), для получения единственного решения необходимо задавать начальные и граничные условия. Достоверность математического моделирования процессов теплопереноса при прогнозировании опасных факторов пожара в значительной степени зависит от точности значений теплофизических характеристик (ТФХ) материалов.

Необходимость совершенствования методов расчета температурных полей в полуограниченных телах представляется актуальной задачей, решение которой позволит прогнозировать величины термических напряжений, разрабатывать безопасные режимы разогрева (охлаждения) конструкций и более точно определять количество теплоты, аккумулированной ограждениями при изменении режима отопления помещений или смене погодных условий. В [1, 2] даны аналитические решения для расчета температурных полей полуограниченных тел. Имеющиеся в литературе аналитические решения имеют ограниченную область применения, так как не позволяют учесть реальные условия теплообмена: динамику температуры внешней среды (газов), радиационный перенос, зависимость теплофизических характеристик от температуры и др.

Многие методы определения теплопроводности основаны на аналитических решениях уравнения теплопроводности при постоянных, не зависящих от температуры теплофизических характеристиках.

Обзор методов и описание применения закономерности упорядоченного теплового режима в призме квадратного сечения, кубе, шаре для определения ТФХ материалов дано в работе [8]. Практически все известные методы определения теплопроводности решения обратных задач теплопроводности, включая методы регулярного и квазистационарного тепловых режимов, требуют довольно строгого соблюдения стабильных граничных условий теплообмена, что усложняет технику проведения эксперимента.

В статье [6] для определения величин теплофизических характеристик по известному температурному полю предложено использовать новый метод численно-аналитического моделирования процессов теплопроводности, описанный в работах [1-5]. В этом методе используются аналитические решения дифференциального уравнения теплопроводности, полученные для расчетного интервала времени. При этом решение уравнения теплопроводности в частных производных для всего времени нагрева сводится к численному

решению одного или нескольких обыкновенных дифференциальных уравнений.

Для описания температурного поля пластины ($0 \leq x \leq R$) в различные моменты времени τ_i в статье [6] использовалось уравнение параболы

$$\begin{aligned} T(X) &= a_0 + a_2 \cdot X^2, \\ X \in [0;1], X &= \frac{x}{R}, \end{aligned} \quad (1)$$

где x – координата, м, R – толщина пластины, м.

Уравнение параболы не достаточно точно описывает реальное распределение температур по сечению пластины в начальном периоде нагрева, что вызывает более высокую погрешность определения температуропроводности [1].

В статье [7] предложено развитие метода путем более точного описания температурного поля неограниченной пластины, полученного экспериментально. В формулах для определения значений температуропроводности a_τ предложено использовать не две температуры, а три – с координатами $x=0$, $x=z$, $x=R$ для моментов времени τ_i (z – фиксированная координата в диапазоне $(0, R)$), в частном случае:

$$\begin{aligned} z = \frac{R}{2}, Z = \frac{z}{R} = \frac{1}{2}, T(X) &= a_0 + a_2 \cdot X^n, \\ X \in [0;1], X &= \frac{x}{R}, \end{aligned} \quad (2)$$

где a_0, a_2 – коэффициенты аппроксимации и показатель степени n .

На примерах расчета температуропроводности показано, что использование аппроксимации описания температурного поля позволило значительно повысить точность определения температуропроводности на начальном этапе нагрева.

Описания температурного поля в виде (1) и (2) применимо для симметричного нагрева. (Симметричный нагрев используется для создания адиабатных условий на поверхности пластины $x=0$.)

Отметим, что в работах [2, 4, 7] путем проведения численных экспериментов по исследованию погрешности метода было установлено, что величина расчетного интервала времени $\Delta\tau_i$

$$\Delta\tau_i = \tau_{i+1} - \tau_i \frac{R}{2} \quad (3)$$

примерно должна соответствовать числам Фурье:

$$0,05 < \Delta F_0 < 0,12, \quad (4)$$

$$\Delta F_0 = \frac{a_T \Delta \tau}{R^2}, \quad (5)$$

где a_T – температуропроводность, $\text{м}^2/\text{с}$.

В [7] предложен следующий алгоритм расчета зависимости температуропроводности от температуры $a_T(T)$, где $T = T_{\text{ср.инт.}}$ или $T = T_{\text{ср},i+1}$.

1. $i=1$, $T_{\text{ср},i=0} = T_{\text{н}} = T_{\text{ср}}(\tau=0)$.

2. Определение n по (10).

3. Вычисление температуропроводности $a_{T,i}$ по (11) в интервале времени $\Delta \tau_i = \tau_{i+1} - \tau_i$.

4. Определение среднemasсовой температуры $T_{\text{ср},i+1}$ и удельного потока теплоты $q_{1,i+1}$ в конце интервала времени по (15), (14).

5. $i = i + 1$.

6. ЕСЛИ $\tau_i = \tau_{\text{к}}$ ($\tau_{\text{к}}$ – конечное время) ТО ПЕРЕХОД НА КОНЕЦ РАСЧЕТА ИНАЧЕ ПЕРЕХОД к п. 2.

7. КОНЕЦ РАСЧЕТА.

В статье [7] предложено уточнение численно-аналитического метода обработки экспериментальных данных для определения температуропроводности и ее зависимости от температуры, выполнена оценка трудоемкости и точности определения температуропроводности по тестовым температурным полям, рассчитанным методом конечных разностей, которая показала, что приложенные формулы значительно уточняют расчет в начальной стадии нагрева при числах Фурье $Fo < 0,3$ по сравнению с [6].

Таким образом, в статье проведена сравнительная характеристика методов расчета температурных полей твердых тел по измеренным в экспериментах температурным полям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лыков А.В.* Теория теплопроводности. – М.: Высш. шк., 1967. – 600 с.
2. *Кудинов В.А., Карташов Э.М., Калашников В.В.* Аналитические решения задач тепломассопереноса и термоупругости для многослойных конструкций: учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 2005. – 340 с.
1. *Соколов А.К.* Численно-аналитический метод расчета несимметричного нагрева пластины с учетом окалинообразования. // Изв. вузов и ЭО СНГ. Энергетика - 1994, № 5-6, с. 75-80.
2. *Соколов А.К.* Экономичная математическая модель температурного поля двухслойной пластины // Инженерно-физический журнал, 1995. Т 68. № 2. С. 337-338.
3. *Соколов А.К., Попов Г.В.* Решение задач теплопроводности численно-аналитическим методом сложения температурных полей // Изв. АН Энергетика, 2002. № 4. С. 118-130.

4. Соколов А.К. Численно-аналитический метод расчета температурного поля неограниченной пластины при малых числах Фурье // Известия вузов. Черная металлургия. 2007. № 3. С. 23-28.

5. Соколов А.К. Математическое моделирование нагрева металла в газовых печах: Научное издание. – Иваново: ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», 2011. – 396 с.

6. Соколов А.К. К решению обратной задачи теплопроводности для определения температуропроводности материалов численно-аналитическим методом // Заводская лаборатория, 2014, № 11. – С. 36-39.

7. Соколов А.К., Якубина О.А. Определение температуропроводности материалов численно-аналитическим методом при малых числах Фурье // Заводская лаборатория, 2016, № 6. Т. 82. – С. 27-39.

8. Фокин В.М., Чернышов В.Н. Неразрушающий контроль теплофизических характеристик строительных материалов. М.: «Издательство машиностроение -1», 2004. 212 с.

УДК 343.983.25

Е. В. Карасев, Н. А. Таратанов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАЖИГАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ИСКРЫ, ОБРАЗУЮЩЕЙСЯ ПРИ ГОРЕНИИ МАТЕРИАЛОВ В СИСТЕМАХ

В статье рассмотрена проблема применения методики определения причастности искр, образующихся при горении твердых горючих материалов к причине пожара, описаны реквизиты и структура экспертной методики.

Ключевые слова: причина пожара, неосторожное обращение с огнем, нарушение правил эксплуатации печного отопления, искра, горение твердых горючих материалов, экспертная методика, судебно-экспертная деятельность.

Е. V. Karasev, N. A. Taratanov

THE ASSESSMENT OF THE SUITABILITY OF THE METHOD OF DETERMINING THE ABILITY OF THE INCENDIARY SPARKS GENERATED DURING THE COMBUSTION OF MATERIALS SYSTEMS

The article considers the problem of applying methods for determination of the involvement of the sparks produced during the combustion of solid combustible material to the cause of the fire, described details and structure of expert techniques.

Keywords: the cause of the fire, careless handling of fire, violation of rules exploitation of stove heating, spark, combustion of solid combustible materials, expert method, it is judicial-expert activity.

В 2016 году, согласно статистическим данным [1] зарегистрировано 139 703 пожаров. По причине неосторожного обращения с огнем (41 951) и нарушения правил эксплуатации печного отопления (23 128) произошло чуть меньше половины от общего числа пожаров. Это соотношение сохраняется и в 2017 году. Такая причина пожара как попадание искры, образывавшейся при горении твердых горючих материалов, на предметы склонные к тлению не выделяется в отдельный статистический показатель, что не позволяет привести конкретные данные о количестве пожаров по этой причине. Однако, есть все основания полагать, что она не является редкой, о чем свидетельствует богатая экспертная практика установления их причастности к причине пожара.

Версия воздействия источника зажигания малой мощности (искры) исследуется всегда, как только рядом с местом пожара обнаруживается какая-либо труба, дым из которой наблюдался опрашиваемыми на этапе проверки по факту пожара. Причем для определения возможности возникновения пожара от искр, образующихся при горении твердых горючих материалов, необходимо установить:

- 1) скорость ветра,
- 2) направление ветра,
- 3) расстояние от источника искровыделения до объекта пожара (места сосредоточения материалов склонных к самоподдерживающемуся тлению).

Это позволит произвести простой расчет по определению расстояния, которое может преодолеть искра, сохранив такое количество тепла которое необходимо для зажигания горючих материалов. Причем горючие материалы должны обладать такими свойствами, как определенная влажность, склонность к самоподдерживаемому тлению, расположение в очаге пожара и т.д.

Идея установления причастности искр, образующихся при горении твердых горючих материалов к причине пожара отражена в работе Таубкина С.И. «Пожар и взрыв, особенности их экспертизы» (стр. 51) [8, с. 51]. Она и берется специалистами и экспертами за основу. Однако, в этой работе прямо указывается, что сведения о зажигательной способности искр получены в результате следственных экспериментов с искрами вылетающими из паровозных труб! Сегодня такой источник зажигания встречается не часто, тем не менее, других методик нет, валидации имеющейся не проводилось, что вызывает сомнения в обоснованности выводов эксперта о причине пожара, если топливом выступают дрова, а не уголь. Практика установления обстоятельств пожара настоятельно требует разработки конкретной методики установления причастности искр, образующихся при горении твердых горючих материалов к причине пожара.

Под экспертной методикой понимается научно обоснованная последовательность действий для решения конкретной (типовой) экспертной задачи, т.е. методика, в которой выражен обобщенный опыт решения типовой (часто встречающейся в практике) экспертной задачи, а ее содержание представляет собой совокупность основных данных об объектах исследования, экспертной задаче, оборудовании, материалах и способах ее решения. В каждой экспертной методике должны быть представлены: 1) реквизиты - набор удостоверяющих ее данных и 2) структура - представленная в логической последовательности совокупность основных этапов ее реализации.

1. Реквизиты экспертной методики:

- 1) название методики;
- 2) автор (составитель) методики;
- 3) организация – разработчик методики;
- 4) библиографические данные опубликованной методики;

2. Структура методики:

- 1) экспертная задача;
- 2) объект исследования;
- 3) сущность методики (принцип решения задачи):
 - а. перечень подзадач (для сложной методики);
 - б. наименование конкретной подзадачи;
 - в. объект исследования для экспертной подзадачи;
 - г. принцип решения подзадачи;
- 4) совокупность признаков, характеризующих объект;
- 5) оборудование, материалы и реактивы;
- 6) последовательность действий эксперта;
- 7) формулирование выводов эксперта;
- 8) основная использованная литература.

На данный момент составлены согласованные ведомствами, где имеются государственные экспертные учреждения, перечень и паспорта около трехсот судебно-экспертных методик, включающие их реквизиты. Сам процесс унификации - это огромная работа, на которую потребуются годы. Предполагается составить паспорта всех действующих в экспертной практике типовых методик и включить их в общедокументальный каталог методик исследования вещественных доказательств, используемых в практике работы государственных экспертных учреждений Российской Федерации.

Конкретные судебно-экспертные методики, представляющие собой программы действий эксперта по выполнению конкретной судебной экспертизы, реализуются по ходу формирования этих программ и содержатся в тексте заключения эксперта. Обобщение конкретных методик может осуществляться при анализе экспертной практики, подготовке специальных обзоров, а также в авторских публикациях [7].

В федеральном законе «О судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации» необходимо предусмотреть обязательную валидацию или сертификацию экспертных методик.

Валидация - это оценка пригодности использования методических материалов при производстве судебной экспертизы. Иными словами, это проверка возможности использовать методику для тех или иных исследований. В российских стандартах вместо термина «валидация» иногда используют термин «оценка пригодности методик». В стандарте ГОСТ ИСО-МЭК 17025-2009 [2], который соответствует международному стандарту ISO/IEC 17025 [3], оценка пригодности методик, или валидация, определяется как «подтверждение путем исследования и предоставления объективных доказательств того, что конкретные требования к специфическому целевому использованию выполняются».

К сожалению, остается вопросом, на основании каких нормативных документов должна осуществляться валидация экспертных методик, особенно в такой специфической сфере деятельности, как пожарно-техническая экспертиза. Наиболее достоверной оценкой пригодности является результат межлабораторного совместного исследования. Проведение данного исследования подробно рассмотрено в ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интернет-ресурс МЧС России <http://www.mchs.gov.ru/activities/stats>
2. ГОСТ ИСО-МЭК 17025-2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий».
3. ISO/IEC 17025 «General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (IDT)».
4. ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений».
5. ГОСТ Р ИСО 21748-2012 «Статистические методы. Руководство по использованию оценок повторяемости, воспроизводимости и правильности при оценке неопределенности измерений».
6. ГОСТ Р 54500.3-2011/Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008 «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения».
7. *Зинин А.М., Майлис Н.П.* Судебная экспертиза. М., 2002.
8. *Таубкин С.И.* «Пожар и взрыв, особенности их экспертизы. - М., 1999. - 600 с. ISBN 5-901140-02-8».

УДК 677.174: 667.016

Э. А. Коломейцева*, А. П. Морыганов**

*ООО «Апотекс»

**ФГБУН Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН

НОВЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ПРЕПАРАТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОГНЕСТОЙКИХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ДРЕВЕСИНЫ, ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ

Охарактеризованы новые огне- и огнебиозащитные препараты Тезагран для различных текстильных материалов. Приведены примеры отделки тканей и нетканых материалов, предназначенных для защитной одежды, транспорта, утеплителей, а также получения трудногорючих древесины и полимерных композиционных материалов на основе фенолформальдегидных смол.

Ключевые слова: антипирен Тезагран, текстильный материал, огнезащита, термостойкость, трудногорючие композиционные материалы и древесина.

E. A. Kolomeitseva, A. P. Moryganov

NEW ECOLOGICALLY SAFE PREPARATIONS FOR OBTAINING OF FIRE-RESISTANT TEXTILE MATERIALS, WOOD, PHENOL-FORMALDEHYDE RESINS

New fire- and bio-protective preparations «Tezagran» for various textile materials are characterized. Examples of finishing of fabrics and nonwoven materials intended for protective clothing, transport, heaters, and also obtaining of slow-combustible wood and polymeric composite materials on the basis of phenol-formaldehyde resins, are given.

Keywords: fire retardant «Tezagran», textile material, fire protection, heat resistance, slow-combustible composite materials and wood.

Большинство волокон и волокнистых текстильных материалов относятся к числу горючих, их свойства и структура создают условия для быстрой воспламеняемости и распространения пламени. Поэтому проблема снижения горючести, придания свойств огнезащищенности волокнистым материалам является одной из важнейших в обеспечении безопасной жизнедеятельности человека и общества.

В результате многоплановых исследований, проведенных в ИХР РАН совместно с ООО «Апотекс», разработана серия новых экологически безопасных безгалогенных антипиренов Тезагран (текстильный замедлитель горения Российской академии наук) на основе отечественного сырья, придающих тканям,

трикотажным полотнам, нетканым материалам из натуральных и синтетических волокон улучшенные свойства огнезащитности и термостойкости [1]. На базе новых антипиренов созданы полифункциональные препараты Тезагран-Био для огнебиозащитной отделки текстильных и полимерных материалов [2]. Разработанные препараты сертифицированы, защищены патентами РФ и выпускаются ООО «Апотекс». Этими антипиренами и комплексными препаратами на их основе обеспечиваются предприятия Ивановской, Владимирской, Нижегородской и других областей.

Основные отличительные особенности выпускаемых химических препаратов заключаются в высокой реакционной способности ингредиентов композиционных составов, что позволяет целенаправленно разрабатывать различные модификации для целого ряда полимерных и текстильных материалов. В композиционный состав входят синергетические интумесцентные добавки, а также катализаторы, позволяющие значительно увеличить коксовый остаток при пиролизе и горении и уменьшить количество и токсичность выделяемых при этом газообразных соединений. Кроме того, механизм воздействия включает стадию образования на волокне структурированного защитного слоя, способствующего повышению термостойкости полимерного материала. Компоненты, входящие в состав антипирирующей системы, в определенных условиях (рН среды, наличие катализатора) могут придавать полимерному субстрату высокие свойства биоцидности и бактерицидности, т.е. подавлять рост бактерий, грибов и микроорганизмов, опасных для человека, что весьма важно в существующей непростой эпидемиологической обстановке.

Наиболее важные преимущества разработанных антипиренов, характеризующие их эффективность, экономичность и экологичность, суммированы на рис.1.



Рис. 1. Преимущества разработанных препаратов для придания огне- и огнебиозащитных свойств

В настоящее время для изготовления спецодежды широко используются огнезащищенные льнохлопковые ткани, поверхностная плотность которых составляет 400-500 г/м кв. Используя для обработки таких тканей антипирен нового поколения Тезагран-ХЛ-У, удается достичь - с целью возможной замены в ряде случаев дорогостоящих термостойких тканей из арамидных волокон - стойкость к прожиганию 150...300с (норматив – не менее 50с), кислородный индекс – 35...39% (норматив – не менее 28%), коэффициент биоустойчивости – 92...95% (норматив – не менее 85%).

Большую актуальность имеет создание технических низкоmaterialeмких полиэфирсодержащих тканей и изделий из них с улучшенными защитными свойствами. В рамках работы по госконтракту с Минпромторгом РФ было разработано около 50 видов полиэфирсодержащих тканей поверхностной плотностью 120-160 г/м кв. (в смеси с хлопком и/или вискозой) и 265-280 г/м кв. (в смеси с механически модифицированным льноволокном, хлопком и вложением в ряде случаев термостойких химических волокон – арамидного, базальтового).

Как видно из табл.1, для «легких» технических тканей (120-160 г/м кв.), предназначенных для некоторых видов защитной одежды и чехлов на матрасы, удается в одну стадию получить целый комплекс защитных свойств, превышающих требования соответствующих ГОСТов.

*Таблица 1. Технические результаты специальных отделок
полиэфирсодержащих тканей*

Ткань	Назначение	Наименование параметра	Номинальное значение	Измеренное значение
Саржа арт. 300/320 (16,0)	Защитная одежда для химиков и нефтехимиков	Кислотостойкость, балл	≥ 3	5
		Кислотонепроницаемость, %	≥ 60	95
		Огнестойкость (остаточное горение), с	≤ 2	0
		Кислородный индекс, %	≥ 28	36,1
Саржа арт. 300/320 (16,0)	Защитная одежда для нефтяников, работников коммунального хозяйства	Маслоотталкивание, балл	≥ 3	4-5
		Кислородный индекс, %	≥ 28	34,5
		Водоупорность, мм вод. ст./мин	≥ 150	255
Поплин арт. 270/260 (25)	Защитная одежда для работников медицины, фармакологии, пищевой промышленно-	Грязеотталкивание, %	≥ 50	87
		Коэффициент биоустойчивости, %	≥ 90	95

Ткань	Назначение	Наименование параметра	Номинальное значение	Измеренное значение
	сти, точного машиностроения			
Саржа арт. 240/300 (18,5)	Защитная одежда для проводников пассажирских железнодорожных вагонов	Грязеотталкивание, %	≥ 50	84
		Коэффициент биоустойчивости, %	≥ 90	93
Тик арт. 250/220 (40)	Чехлы на матрасы	Огнестойкость (остаточное горение), с	≤ 2	0
		Кислородный индекс, %	≥ 28	34,2
		Коэффициент биоустойчивости, %	≥ 90	94

При отделке суровых тканей саржевого и полотняного переплетения на основе полиэфира, модифицированного льна и хлопка с добавлением небольшого количества арамидного волокна в производственных условиях ОАО «Кохомский лен» (г. Кохма, Ивановской обл.) и ОАО «Родники-Текстиль» (г. Родники, Ивановской обл.) были получены опытные партии смесовых низкоматериалоемких технических тканей специального назначения с поверхностной плотностью 315-350 г/м кв. Стойкость этих тканей к прожиганию при t-800°C составила 80-120с (норма – не менее 50 с), кислородный индекс 37-41% в комплексе с высокой биоцидностью. Одновременно с указанными защитными свойствами данным тканям можно придавать и свойства маслонефтеотталкивания (4-5 баллов). При этом следует отметить, что многие импортные ткани, рекомендуемые в качестве термостойких, не обладают требуемой стойкостью к прожиганию. Приданные тканям защитные свойства сохраняются после многократных (15-20) химических чисток. Необходимо подчеркнуть, что физико-механические свойства (разрывная и раздирающая нагрузка) в процессе отделки уменьшаются незначительно – в среднем на 6-11% - хотя из технологической практики известно, что в процессе заключительной отделки потери прочности могут составлять до 20-25%. Стойкость к истиранию для тканей с содержанием 10% термостойкого волокна практически не меняется [3].

Из полученных смесовых льносодержащих технических тканей изготовлена опытная партия защитных костюмов (ООО «ПКФ «Компания Спецзащита», г. Нижний Новгород) и проведена их опытная носка в условиях металлургических комбинатов. На кафедре конструирования швейных изделий текстильного института ИвГПУ разработан образец боевой одежды пожарного (БОП), представленный на Выставке средств жизнеобеспечения, организованной к визиту в Ивановскую область Министра по чрезвычайным ситуациям В. Пучкова в селе Спасском 15 апреля 2015 г. (рис. 2).

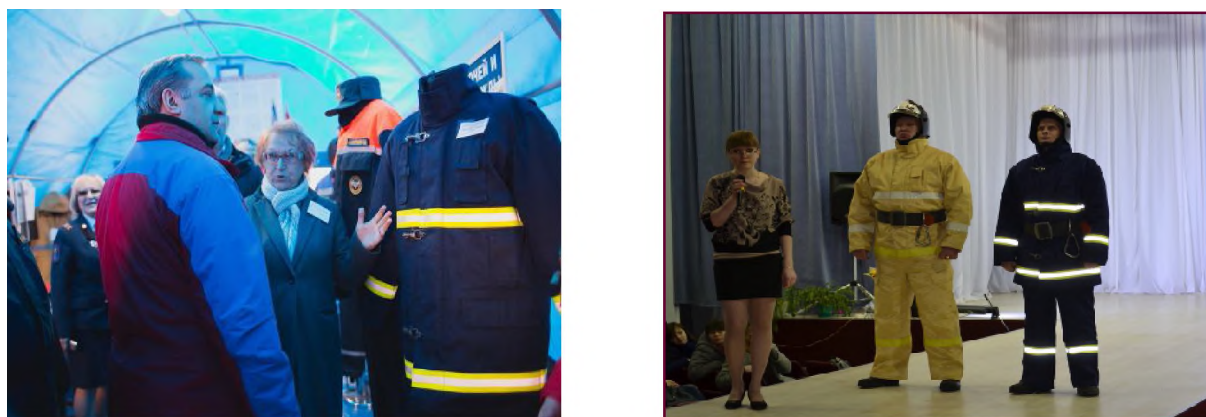


Рис. 2. Опытные образцы костюмов БОП
из низкоматериалоёмких льнополиэфирных тканей

В последние годы все более широкое применение в различных областях техники находят нетканые полотна. При этом достаточно часто возникает потребность в нетканых полотнах с различными специальными свойствами, такими как огнестойкость, биозащищенность, маслогрязеотталкивание.

ООО «Апотекс» совместно с ООО «Научноемкие технологии» (Московская обл.) и при участии ИХР РАН разработали композитные нетканые материалы на основе льноволокна с добавлением полиэфирных волокон [4], которые получили высокую оценку ФГУП ВНИИЖГ (Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожной гигиены) [5]. Эти нетканые материалы марки НО-Л-1 (МНО-Л-1), НО-Л-1-А характеризуются высокими свойствами огнебиозащищенности, теплошумоизоляции, низкой гигроскопичностью. Улучшенные показатели огнебиозащиты, полученные с применением препарата Тезагран-Био, позволяют использовать разработанные материалы для обеспечения комплексной безопасности пассажирских вагонов ж/д транспорта. Такие материалы применяются в качестве огне- и огнебиозащищенных термостойких прокладок в конструкциях кресел, полок, потолка пассажирских вагонов, в фильтрующих элементах систем кондиционирования на транспорте и в пожароопасных производствах. При этом показана возможность замены применяемых ранее для тех же целей нетканых полотен Огнетекс, изготовленных из отходов синтетического арамидного волокна, которые имеют недостаточный уровень огнебиозащищенности и экологической безопасности при высокой стоимости. В табл.2 показано, что образующиеся при пиролизе весьма опасные газообразные продукты HCN, CO, HF как по объему, так и по скорости выделения у материала Огнетекс значительно выше, чем у нетканых материалов НО-Л-1 (МНО-Л-1), НО-Л-1-А.

Таблица 2. Характеристики выделяемых при горении огнезащищенных текстильных материалов дыма и газов

Наименование материала	Удельная оптическая плотность дыма	Концентрация выделяющихся газов (м.ч. на 1000 м.ч. газовой смеси)				
		Моноксид углерода (CO)	Циановодород (HCN)	Фтористый водород (HF)	Полифтор-изобутилен (-C _n H _m F ₋)	Диоксид углерода (CO ₂)
1.Огнезащищенный нетканый материал НО-Л-1	173	64	25	-	-	115
2.Образец сравнения огнезащищенный нетканый материал типа Огнетекс	195	127	48	26	-	183
3.Стеклоткань теплостойкая ТАФ-3	214	258	32	396	314	167

В последние годы ООО «Апотекс» совместно с ИХР РАН разработали экологически безопасный антипирен Тезагран- ХЛ-4У, предназначенный для придания свойств огнестойкости и пожаробезопасности фенолформальдегидным смолам и различным конструкционным материалам с их использованием, а также ресурсосберегающие технологии его применения. Преимущества как смолы с этим антипиреном, так и изделий на их основе заключаются в высоких показателях огнезащищенности (кислородный индекс 35-36% при нормативе не менее 28%), экологичности (сам антипирен не токсичен и не образует вредных газообразных продуктов при горении, обладает свойством связывать свободный формальдегид) и экономичности (содержание антипирена в смоле 4-6 % масс. при невысокой стоимости).

Один из примеров использования антипирена Тезагран- Хл-4У - создание трудногорючих трехслойных панелей из полимерных композиционных материалов, обладающих малым весом, повышенными прочностными свойствами и улучшенными характеристиками пожарной безопасности, что позволяет рекомендовать их в качестве конструктивных элементов для различных видов транспорта и специальной техники.

Для огне- и огнебиозащиты древесины разработаны высокоэффективные модификации антипирена Тезагран: препараты Тезагран-Д и Тезгран-Д-Био. Они являются порошками, хорошо растворимыми в воде, не содержат соли металлов, галогены, формальдегид. Огнезащитная обработка может осуществ-

ляться как путем пропитки в автоклавах, других емкостях, так и поверхностным нанесением; внешний вид древесины при этом не меняется. В результате испытаний было установлено, что древесина приобретает свойства трудногорючей (1 группа) – потеря массы образца при нахождении в пламени в течение 2-х минут не более 8 %, отсутствует остаточное тление при уменьшенном газо- и дымовыделении. Оценка биозащитных свойств проводилась тестовым способом воздействием на материал грибов и бактерий определенных групп в условиях Ивановской государственной медицинской академии, а также лаборатории Всероссийского научно-исследовательского института железнодорожной гигиены (г. Москва). Образцы древесины, обработанные препаратом Тезагран-Д-Био, получили оценку 5 баллов (по 5-ти балльной системе), по результатам токсикологических исследований этот препарат относится к 4 классу опасности («Вещества малоопасные»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Состав для огнезащитной отделки текстильных материалов из целлюлозных волокон./ Морыганов А.П., Боровков Н.Ю., Коломейцева Э.А., Сибрина Г.В.// Пат.РФ №2184184 от 27.06.2002.- БИ №18.
2. *Коломейцева Э.А., Сачков О.В., Сиротов Н.Г., Морыганов А.П.* Разработка и применение новых препаратов для огнезащитной и полифункциональной отделок технических тканей // *Текстильная промышленность. Научный альманах.* - 2007. №8. - С.22-24.
3. *Стокозенко В.Г., Коломейцева Э.А., Шапошников А.Б., Морыганов А.П.* Получение низкоматериалоемких тканей со специальными свойствами на основе модифицированного льноволокна // *Известия вузов. Технология легкой промышленности.* 2015, №4. С.78-82.
4. *Коломейцева Э.А.* и др. Новые способы получения льносодержащих нетканых материалов со специальными свойствами. // *Текстильная промышленность. Научный альманах.* - 2011. №2. - С.40-45.
5. Руководство по санитарно-гигиенической оценке полимерсодержащих конструкционных и отделочных материалов, предназначенных для применения в пассажирских вагонах локомотивной тяги. - М.: ФГУП ВНИИЖГ Роспотребнадзора, 2010 – 26 стр.

УДК 004.94

С. Г. Короткевич, В. А. Ковтун

ГУО «Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь, г. Минск

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПУТЁМ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Представлены модельно-теоретические подходы к оптимизации структурно-технологических условий электроконтактного спекания металлополимерных покрытий. Применение методов компьютерного моделирования позволяет устанавливать закономерности влияния технологических факторов и структурные особенности изучаемых материалов.

Ключевые слова: электроконтактное спекание, параметры спекания, компьютерное моделирование, формирование покрытий.

S. G. Korotkevich, V. A. Kovtun

THE RESEARCH OF THE COMPOSITE MATERIALS PROPERTIES BY MEANS OF COMPUTER SIMULATION

The article tells about model-theoretical approaches to the optimization of structural-technological conditions of electro-contact sintering of metal-polymer coatings. The usage of computer modeling methods allows to establish regularities of the technological factors influence and the structural features of studied materials.

Keywords: electro-contact sintering, the sintering parameters, computer simulation, coating formation.

Введение. Композиционные материалы получили наибольшее распространение в таких изделиях машино- и приборостроения, где высокие механические свойства должны сочетаться с низким весом, например, детали автомобилей и авиакосмических аппаратов. При этом разработка технологии производства композиционного материала с заданным комплексом триботехнических и физико-механических свойств требует значительных затрат денежных средств и рабочего времени, связанных с проведением одного или нескольких циклов испытаний изделий, оптимизацией компонентного состава и технологических приемов производства.

Одним из путей решения проблемы снижения затрат на разработку композитов является применение специализированного программного обеспечения, позволяющего на этапе проектирования изделия моделировать все этапы производства и эксплуатации изделий и уйти от физических испытаний многочисленных прототипов в процессе разработки изделия. На основе анализа ре-

зультатов проводимых расчетов возможно прогнозирование дефектов изделий возникающих при производстве и проведение оценки срока эксплуатации деталей, изготовленных из композиционных материалов. Кроме того, численное моделирование позволяет оптимизировать технологию производства деталей узлов и агрегатов машин и механизмов различного назначения. При таком подходе значительно сокращается время, затрачиваемое на разработку проекта и количество прототипов, что позволяет оценивать данный путь как наиболее экономичный [1,2].

Основной целью проведения данной работы является создание адекватной численной модели процесса электроконтактного спекания металлической композиции, раскрывающей закономерности, которые помогут управлять такими параметрами, как плотность, пористость, напряженно-деформированное состояние, структурой материала, и как следствие - его эксплуатационными характеристиками. Для реализации численной модели используется метод конечно-элементного моделирования (КЭМ). Сложность электроконтактного спекания порошковых композитов с точки зрения КЭМ определяется одновременным протеканием электрических, термических и механических процессов.

Практическая часть. Сравнительный анализ программных продуктов показал, что наиболее многофункциональным по своим возможностям является программный комплекс ANSYS [3]. Крупнейшие в мире производители электроники, техники и различного оборудования используют в своём производстве результаты, полученные путём моделирования решаемых задач с помощью программного комплекса ANSYS, что говорит о точности исследований и больших возможностях его использования. Постановка и решение задачи в программном комплексе ANSYS для проведения совмещенного расчета теплового и напряженно-деформированного состояния включает в себя несколько этапов. В случае тепловых нагрузок сначала решается тепловая задача, затем рассчитанные температурные значения передаются на расчёт напряжённо-деформированных состояний.

Создание геометрии проводилось используя программный комплекс SolidWorks. Модель подходит для случаев формирования покрытий толщиной 500 мкм насыпного слоя из медного порошка с размером частиц 100 мкм на поверхности медной подложки при помощи электродов. Далее модель импортировалась в программный комплекс ANSYS, в котором выбираем тип анализа из предложенных в Analysis Systems. На этом этапе прикладываются нагрузки и задаются начальные и граничные условия для проведения расчета при помощи вкладок разделов Details, задаются контактные параметры, а также определяются материалы модели и их свойства. Также необходимо провести построение и настройку конечно-элементной сетки. Сеточный генератор ANSYS позволяет создать оптимальную, в рамках решаемой задачи, расчетную сетку (рис. 1,2), от которой зависит точность моделирования и время, затраченное на решение [4].

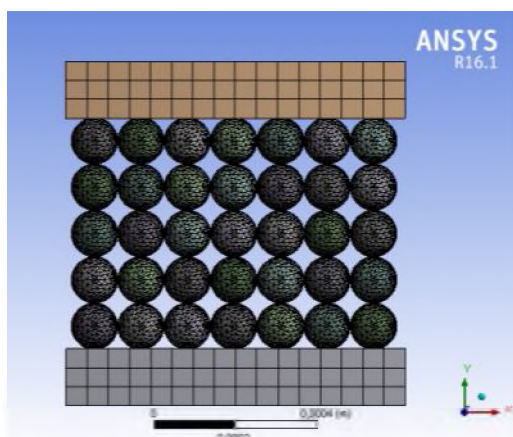


Рис. 1. Настройка конечно-элементной сетки (вид спереди)

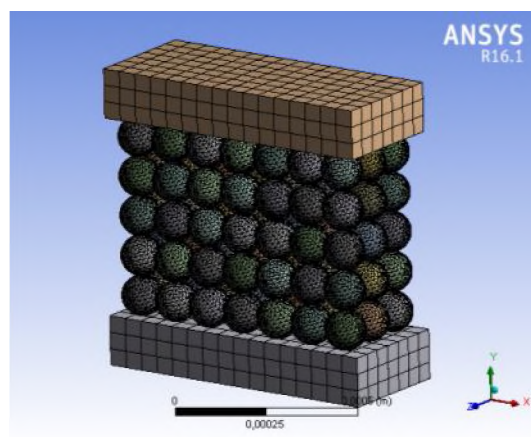


Рис. 2. Настройка конечно-элементной сетки (вид сбоку)

Проверка и настройка типов контактов. В программном комплексе ANSYS используется концепция контактных (contact) и целевых (Target) поверхностей для всех контактных областей, которые обеспечивают взаимодействие между деталями в сборке. Возможны различные типы контакта. Область захвата можно переопределить и визуализировать. В настройках типа контакта при открытии созданной модели объекта в Analysis Systems между всеми составными частями автоматически настраивается контакт bonded (рис. 3). Он обеспечивает взаимодействие двух объектов между собой, обеспечивает тепло и электропроводность.

При расчётах напряжённо-деформированных состояний необходимо, чтобы весь объём объектов взаимодействовал. Для этого дополнительно необходимо настраивать тип контакта Frictionless (рис. 4), который обеспечивает пространственную взаимосвязь. Для каждого элемента задаются необходимые для проведения расчётов физические свойства (таблица) [5].

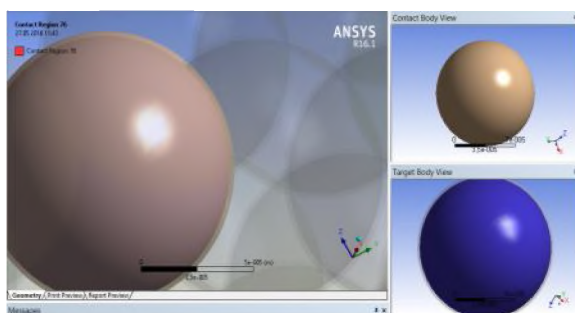


Рис. 3. Настройка контактных областей в зоне образования оксидного слоя (тип bonded)

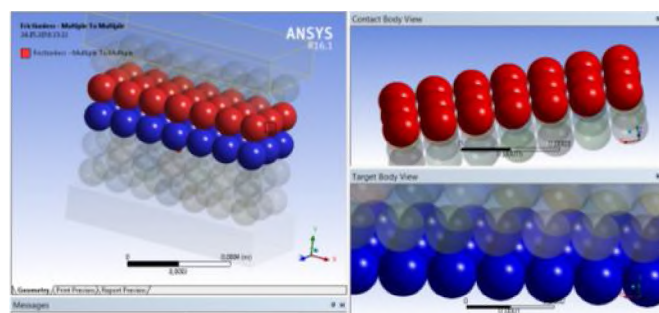


Рис. 4. Настройка контактных областей между частицами меди (тип frictionless)

Для точности исследований дополнительно настраивались температурные зависимости. С увеличением температуры возрастает расхождение задаваемых исходных свойств материалов. Это связано с тем, что в элементах, в частности меди, имеющих невысокую температуру плавления, начинаются процессы разрушения кристаллической решётки под воздействием температуры, превышающей температуру плавления. Также при увеличении температуры возрастает удельная электросопротивляемость меди. Металл на контактных участках частиц переходит в расплавленное или сильно размягчённое состояние. Частицы порошковой системы начинают смещаться, что приводит к уплотнению материала. В результате также образуется небольшое количество жидкой фазы (оксидный слой), что приводит к более интенсивному спеканию порошковой системы.

Таблица. Свойства элементов расчётной модели

Элементы модели	Состав	Коэффициент электропроводности Вт / (м × К)	Удельная теплоёмкость, Дж / (кг × К)	Плотность, Кг/м ³	Удельное электросопротивление при 20 °С, Ом × м
Порошок	Медь	401	$0,38 \times 10^3$	$8,3 \times 10^3$	$1,69 \times 10^{-8}$
Оксидный слой	Cu ₂ O	20	$0,429 \times 10^3$	$6,0 \times 10^3$	$2,14 \times 10^{-4}$

Используя тип анализа «Electric» позволяет проводить необходимые расчёты исходной модели под воздействием электричества (рис. 5). Для настройки и задания параметров вычислений, а также для наблюдения и управления процессом решения имеется графический интерфейс пользователя Solver Manager, который предоставляет возможность визуализировать различные расчетные величины. Сходимость решаемой задачи контролируется с помощью соответствующего инструмента – Convergence.

Для получения температурных значений необходимо импортировать полученные результаты расчётов в «Transient Thermal». В настройках задаём конвекцию (Convection), которая соотносит температуру окружающей среды с температурой на поверхности, для закрытых помещений равна $10 \text{ Вт} / \text{м}^2 \times \text{°С}$ и излучение (Radiation) тепла моделью в окружающую среду.

Возможностью программного комплекса ANSYS является получение связанной задачи, результаты расчетов из каждого модуля импортируются и учитываются в другом. Таким образом результаты расчётов из «Transient Thermal» импортируются в «Static Structural» и после расчёта модели, с учётом теплового

воздействия, можно наблюдать места подверженные наибольшему температурному воздействию при деформации.

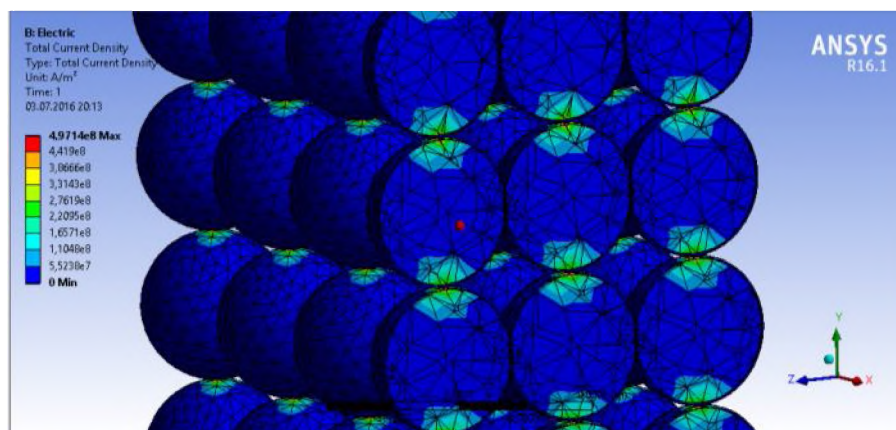


Рис. 5. Плотность электрического тока A/m^2

Заключение. Результатом проведённых исследований является создание компьютерной модели процесса электроконтактного спекания металлической композиции. Предложенный модельно-теоретический подход позволяет разрабатывать компьютерные модели зон контактного взаимодействия, описывающие тепловое и напряженно-деформированное состояния материалов при приложении внешних воздействий (плотность электрического тока и усилие сжатие электродов) в условиях нестационарной теплопередачи, отличающиеся от существующих возможностью учета влияния времени электронного спекания, контактного взаимодействия поверхностей и особенности структуры частиц порошкового слоя на формирование температуры полей, деформации компонентов, распределении температуры, термо- и механические напряжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев, Е.Г. Электроимпульсная технология формирования материалов из порошков / Е.Г. Григорьев, Б.А. Калинин. – М.: МИФИ, 2008. – 152 с.
2. Компьютерное моделирование композитных изделий [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.delcam-ural.ru> – Дата доступа: 02.07.2015.
3. Короткевич С.Г. Обзор современных прикладных программных комплексов для проведения исследований композитных изделий / В.А. Ковтун // Технологии техноферной безопасности, 2016. – №1 (65). – С. 1 – 9.
4. Сборник материалов конференции по Ansys [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ansysconference.ru> – Дата доступа: 01.04.2015.
5. Пасовец В.Н., Ковтун В.А., Плескачевский Ю.М. Получение, свойства и безопасность композитов на основе порошковых металлов и наноструктур углерода. – Гомель: БелГУТ, 2011. – 200 с.

УДК 54.03+54.04

Н. А. Кропотова, К. Н. Архангельский, Е. Ю. Моисеева, Л. В. Кочетков
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА ОГНЕЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ И ОЦЕНКА ЕГО ПОВЕДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

В статье рассматривается возможное решение проблемы защиты стальных конструкций от воздействия высоких температур при пожаре. Разработаны огнезащитные составы и приведена оценка их эффективности при нанесении на металлические конструкции. Приведена методика его приготовления и технология проведения оценки в условиях повышенных температур. Приведены экспериментальные данные по эффективности огнезащитного покрытия.

Ключевые слова: огнезащита, защита от высоких температур, защита, воздействие высоких температур, покрытие, разработка покрытия, оценка поведения покрытия, огнезащитное покрытие.

N. A. Kropotova, K. N. Archangelsky, E. Yu. Moiseeva, L. V. Kochetkov

DEVELOPMENT OF FIRE-RETARDANT COATING AND EVALUATION OF ITS BEHAVIOR IN HIGH TEMPERATURES

The article discusses a possible solution to the problem of protecting steel structures from exposure to high temperatures in a fire. Developed flame retardants and the evaluation of their effectiveness when applied to metal structures. The method of its preparation and technology evaluation under elevated temperatures. Experimental data on the effectiveness of fire-retardant is coating.

Keywords: fire protection, high temperature protection, high temperatures, coating, developing the coating, assessment of the behavior of the coating, fireproof coating.

Современное общество все больше внимание уделяет вопросам безопасности. Наибольшую угрозу для жизни представляют не только сами пожары, но и последствия от них. Одним из самых распространенных материалов является металл, который широко применяется в строительстве. Стальные конструкции, несущие балки, лестничные пролеты мало подвержены горению, но при длительном воздействии высоких температур начинают деформироваться и теряют свою устойчивость к действующей нагрузке и несущую способность. При длительном воздействии огня и при достижении определенных условий может происходить их обрушение, приводящее к существенному материальному ущербу и даже человеческим жертвам. Поскольку время прибытия первого

подразделения к месту вызова не должно превышать 10 минут в городских поселениях, городских округах, а время оперативного развертывания, как правило, составляет от 6 до 8 мин, то при самых оптимистичных прогнозах, прибывший на пожар караул приступит к тушению пожара и охлаждению металлоконструкций не меньше чем через 16 минут. Поэтому высокая чувствительность металла к перепадам температур и прямому воздействию огня требуют особых мер по огнезащите металлических конструкций [1].

Огнезащита несущих металлических конструкций является одной из важнейших задач в области обеспечения пожарной безопасности объектов, поскольку свойства материалов сильно зависят от температуры. Из литературных источников известно, что до температуры 300 °С временное сопротивление σ_b металла повышается (на 20 – 30%), а при дальнейшем повышении температуры резко снижается. Величина предела текучести σ_T и предела пропорциональности σ_n с повышением температуры уменьшается. При температуре 400 °С предел текучести составляет 60 – 70 % его величины при комнатной температуре. С повышением температуры длина площадки текучести сокращается и при температуре около 400 °С площадка вовсе исчезает. Пластические свойства (относительное остаточное удлинение при разрыве δ и сужение площади поперечного сечения ψ) с повышением температуры до 300 °С снижаются, а при дальнейшем ее повышении увеличиваются. Следовательно, механические свойства материалов зависят от продолжительности испытания. При некоторых температурах (например, для малоуглеродистой стали при температуре выше 800 °С) испытуемый образец может быть разрушен при напряжении меньшем, чем предел пропорциональности, соответствующий комнатной температуре, если это напряжение будет действовать достаточно продолжительное время [2].

При пожарах температура нагрева металлоконструкций может превышать 800 °С. Из литературных источников известно, что воздействие температуры порядка 500 °С на металлоконструкцию, изготовленную из малоуглеродистой стали, приводит к ее размягчению, металл «плавает» и, как правило, происходит полная потеря несущей способности металлоконструкции. Воздействие температуры порядка 600 °С приводят к снижению прочности металлических деталей и конструкций приблизительно в 3 раза [3]. Поскольку металлы теряют свои прочностные свойства, вследствие длительного воздействия высоких температур и огня пламени, исследование по созданию огнезащитного покрытия представляется для нас наиболее актуальным.

Область применения различных способов огнезащиты определяют с учетом требуемого предела огнестойкости металлических деталей, их типа и ориентации в пространстве, вида нагрузки, действующей на детали и конструкции (статическая, динамическая), температурно-влажностного режима эксплуатации и производства работ по огнезащите (сухие, мокрые процессы), степени агрессивности окружающей среды и др.

На основании проведенного анализа уже имеющихся огнезащитных составов, разработанных как российскими, так и зарубежными коллегами, предложены альтернативные рецептуры тонкослойной и вспучивающейся краски.

Анализируя химические свойства поведения многих неорганических веществ, мы пришли к необходимости создания состава, проявляющего огнезащитные свойства.

Учитывая свойства и применение неорганических веществ, мы, прежде всего, опирались на безопасные свойства и поведение этих веществ при повышенных температурах [4], и пришли к однозначной оценке огнезащитных компонентов:

- оксид алюминия - теплоотражающие свойства;
- оксид бора - огнезащитные свойства, поскольку используют в качестве необходимой добавки при обжиге глазури для современных керамических плит – феррит;
- оксид цинка – используется широкомасштабно в производстве красок на основе жидкого стекла, пожаро- и взрывобезопасен;
- оксид магния - пожаро- и взрывобезопасные свойства.

Затем подобраны оптимальные огнезащитные составы на основе акриловой дисперсии:

1. Тонкослойные составы (табл. 1):

- оксид алюминия (III), силикат натрия;
- оксид бора, силикат натрия;
- оксид цинка, силикат натрия;
- оксид магния, силикат натрия.

Таблица 1. Химический состав добавок к акриловой дисперсии (1,8 г/дм³)

№ п/п	Огнезащитные компоненты	Мольное соотношение огнезащитных компонентов	№ пробного образца
1	$K_2SiO_3 : Na_2SiO_3$	1 : 1	I
2	$Al_2O_3 : Na_2SiO_3$	1 : 2	II
3	$B_2O_3 : Na_2SiO_3$	1 : 2	III
4	$ZnO : Na_2SiO_3$	1 : 2	IV
5	$MgO : Na_2SiO_3$	1 : 2	V

2. Вспучивающиеся составы (табл. 2):

- дифосфат аммония, карбамид;
- пентаэритрит (2,2-бис(гидроксиметил)пропан-1,3-диол), карбамид;
- пентаэритрит, дифосфат аммония, карбамид.

Таблица 2. Химический состав добавок к акриловой дисперсии (1,5 г/дм³)

№ п/п	Огнезащитные компоненты	Мольное соотношение огнезащитных компонентов	№ пробного образца
1	(NH ₄) ₄ P ₂ O ₇ : (NH ₂) ₂ CO	1 : 1	VI
2	C(CH ₂ OH) ₄ : (NH ₂) ₂ CO	1 : 1	VII
3	C(CH ₂ OH) ₄ : (NH ₄) ₄ P ₂ O ₇ : (NH ₂) ₂ CO	1 : 1 : 2	VIII
4	C(CH ₂ OH) ₄ : (NH ₄) ₄ P ₂ O ₇ : (NH ₂) ₂ CO	1 : 1 : 2	IX
5	C(CH ₂ OH) ₄ : (NH ₄) ₄ P ₂ O ₇ : (NH ₂) ₂ CO	1 : 2 : 4	X

Нами исследовано множество опытных смесей, мы приведем лишь оценку составов компонентных смесей, которые показали при исследовании эффективности огнезащитных свойств наилучшие прочностные свойства.

Технология приготовления покрытий достаточно проста [5]. Компоненты составов взвешиваются на технических весах с погрешностью 0,05 % по массе и перемешиваются в разных емкостях периодического действия. Время перемешивания не менее 5 мин.

Для оценки огнезащитных свойств составов и поведения покрытий при повышенных температурах проведены дополнительные исследования. Приготовленные составы наносились на металлические образцы. Сушка покрытия осуществлялась в естественных условиях при температуре не ниже 5 °С и влажности не выше 75 % в течение не менее 48 ч. После чего подвергались воздействию высоких температур от 650 до 750 °С в муфельной печи [6].

Визуальное поведение наблюдаемых явлений воздействия высоких температур показала, что тонкослойная краска не растрескивается, не отслаивается от поверхности образца, видимых изменений в покрытии не наблюдается в отличие от поведение вспучивающегося покрытия. Под воздействием температур выше 200 °С происходит взаимодействие дополнительных компонентов краски, сопровождающиеся значительным увеличением ее объема и образованием вспененного слоя.

Для проведения экспериментальной части работы по исследованию эффективности приготовленного состава использовалось стандартное лабораторное оборудование – высокотемпературные электрические печи и машина для испытания материалов на растяжение (рис. 1.)



Рис. 1. Лабораторное оборудование: *а* – разрывная машина Р-5;
б – муфельная печь

Для проведения испытаний было отобраны 10 образцов конструкционных материалов, имеющих разную массовую долю приготовленных компонентов на основе акриловой дисперсии, один образец без покрытия, использовался как эталон. Предел прочности эталонного образца составил 714,3 МПа [7]. Другие образцы были подвергнуты нагреву в муфельной печи до различных температур в интервале времени от 15 до 40 минут.

На две металлические заготовки наносился один и тот же состав. После нагрева одну заготовку погружали в воду для мгновенного охлаждения. Другую заготовку прошедшую нагрев оставили остывать на воздухе. После остывания, обе детали подверглись проверке на разрывной машине. Так эксперимент проводился для всех отобранных составов. Основные экспериментальные данные приведены в табл. 3.

Таблица 3. Экспериментальные данные по испытанию прочности металла
($t = 650\text{ }^{\circ}\text{C}$)

№ пробного образца	Массовая доля компонентов смеси	Предел прочности, МПа	
		остывание на воздухе	остывание в воде
0	эталон (без нагрева)	710	
I	$\text{K}_2\text{SiO}_3 : \text{Na}_2\text{SiO}_3$	510	350
II	$\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Na}_2\text{SiO}_3$	520	442
III	$\text{B}_2\text{O}_3 : \text{Na}_2\text{SiO}_3$	564	480
IV	$\text{ZnO} : \text{Na}_2\text{SiO}_3$	486	325
V	$\text{MgO} : \text{Na}_2\text{SiO}_3$	490	430
VI	$(\text{NH}_4)_4\text{P}_2\text{O}_7 : (\text{NH}_2)_2\text{CO}$	490	310

№ пробного образца	Массовая доля компонентов смеси	Предел прочности, МПа	
		остывание на воздухе	остывание в воде
VII	$C(CH_2OH)_4 : (NH_2)_2CO$	480	315
VIII	$C(CH_2OH)_4 : (NH_4)_4P_2O_7 : (NH_2)_2CO$	500	380
IX	$C(CH_2OH)_4 : (NH_4)_4P_2O_7 : (NH_2)_2CO$	510	405
X	$C(CH_2OH)_4 : (NH_4)_4P_2O_7 : (NH_2)_2CO$	520	470

В ходе испытаний установлено, что образцы, остывавшие на воздухе имели остаточную прочность порядка 480 МПа, что в 1,4 раза отличалось от эталонного. Образцы охлажденные водой разупрочнились от 2,3 до 4,6 раза в зависимости от нанесенного защитного покрытия, получив остаточную прочность около 400 МПа (рис. 2.). Что же касается экспериментальных образцов с нанесенным огнестойким покрытием, то можем заметить, что из составов на основе тонкослойной краски можно выделить образец III - $B_2O_3:Na_2SiO_3$, у которого предел прочности не значительно изменился по сравнению с эталоном: в случае остывания на воздухе предел прочности составил 564 МПа, остывание в воде 480 МПа. Наблюдаемое явление по результатам исследования лишний раз доказывает, что оксид бора B_2O_3 не случайно выбран, поскольку его используют как добавку в феррит, используемого для обжига глазури керамических плиток. Что касается вспучивающихся составов то, наиболее эффективным оказался X - $C(CH_2OH)_4:(NH_4)_4P_2O_7:(NH_2)_2CO$: предел прочности на воздухе составил 520 МПа, а в воде – 470 МПа. Остальные же образцы оказались чуть хуже по значениям прочности, и разупрочнение материала достигало значения 4,6 раза по сравнению с эталоном.

Проведенные исследования показали, что механические свойства стали при нагревании ее до температуры 200...250 °С практически не меняются. При температуре 250...300 °С прочность стали несколько повышается, пластичность снижается. Сталь в изломе имеет крупнозернистое строение и становится более хрупкой (синеломкость). Не следует при этой температуре деформировать сталь или подвергать ее ударным воздействиям. Нагрев выше 400 °С приводит к резкому падению значений предела текучести и временного сопротивления, а при $t = 600...650$ °С наступает температурная пластичность и сталь теряет свою несущую способность.

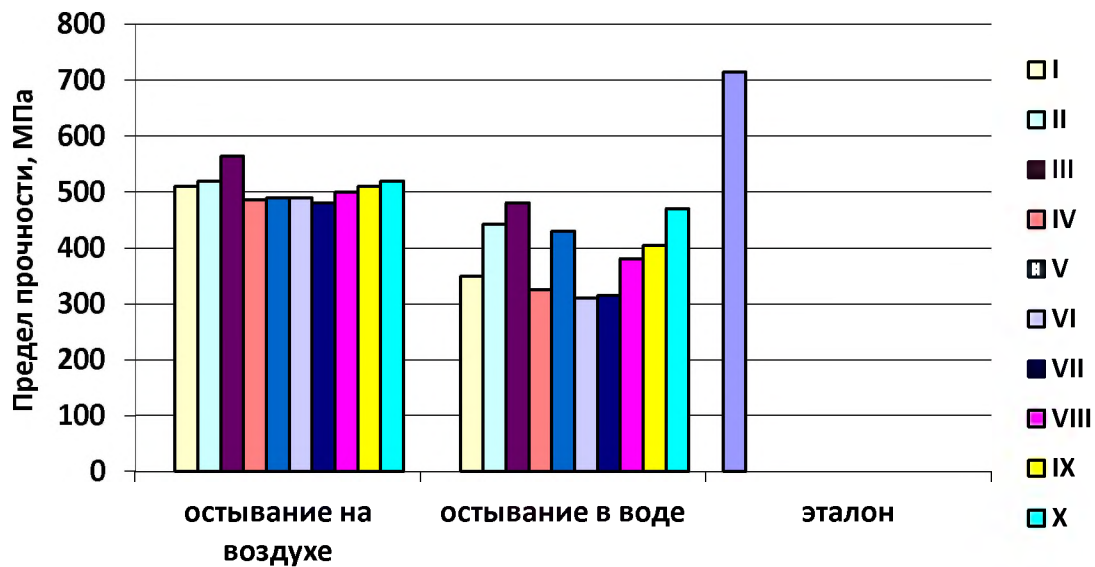


Рис. 2. Снижение прочности стали под воздействием высоких температур в сравнении с эталоном

В ходе проведения экспериментов обнаружено, что для металлических конструкций критическое значение температуры $t_{кр}$, при котором ослабевают прочностные характеристики стали, равно $650\text{ }^{\circ}\text{C}$, причем продолжительность нагрева имеет определенное значения. Было выявлено, что прочностные параметры металлоконструкций при большем времени нагрева снижаются на 10 – 15 %.

Результаты лабораторных испытаний разработанных покрытий показали следующие результаты:

- 1) улучшены прочностные и огнестойкие свойства металла, подвергнутого воздействию высоких температур;
- 2) огнестойкие покрытия просты в технологии приготовления и методике применения;
- 3) разработанные покрытия не утяжеляют металлоконструкции.

Проводятся также дополнительные исследования данных покрытий на долговечность и воздействие окружающей среды.

При экономически обоснованном соотношении величины вероятного ущерба и расходов на противопожарные мероприятия, вспучивающиеся огнезащитные покрытия являются наиболее оптимальным вариантом для повышения предела огнестойкости металлических конструкций. Какое огнезащитное покрытие металлоконструкций лучше выбрать решают исходя из специфики конструкции, места ее установки, а также значения предела огнестойкости, требуемого для конкретного объекта. Немаловажную роль в таком решении играют условия, в которых будет эксплуатироваться конкретная металлоконструкция.

Таким образом, дальнейшее исследование будет посвящено разработке одного доступного и недорогого состава, который не уступал бы по функциональным возможностям в части касающиеся защиты от воздействия высокой температуры пожара, но являлся бы альтернативным уже существующим аналогам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Киселев В.В.* Влияние высоких температур при пожаре на прочность металлоконструкций. / В.В. Киселев, Н.А. Кропотова, К.А. Архангельский // Материалы XI международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «ЭНЕРГИЯ -2016». – 2016. – Т. 4. – С. 124-126.
2. *Yew M.C.* Influences of flame-retardant fillers on fire protection and mechanical properties of intumescent coatings. / N.H. Ramli Sulong, M.K. Yew // Progress in organic coatings. Elsevier B.V. 2015, V. 78. - С. 59-66.
3. *Тайра С., Отани Р.* Теория высокотемпературной прочности материалов. – М.: Металлургия, 1986. – 280 с.
4. *Киселев В.В.* К вопросу защиты металлоконструкций от теплового потока при пожаре. // В.В. Киселев, А.А. Покровский, Н.А. Кропотова, А.Н. Мальцев. // Сборник материалов научно-практической конференции «Наука XXI век: открытия, инновации, технологии». - Смоленск (31 апреля 2016 г.), 2016. - С. 18-21.
5. *Киселев В.В.* Повышение надежности металлоконструкций в условиях повышенных температур за счет применения огнестойких покрытий/ В.В. Киселев, Н.А. Кропотова, К.А. Архангельский. // Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции «Надежность и долговечность машин и механизмов», посвященной 50-летию со Дня образования учебного заведения и Году пожарной охраны России, Иваново (14 апреля 2016 г.) / под общ. ред. В. В. Киселева. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. - С. 21-24.
6. *Киселев В.В.* Разработка огнестойкого покрытия для защиты металлоконструкций от высоких температур при пожаре. / В.В. Киселев, Н.А. Кропотова, К.А. Архангельский. // Сборник материалов XXVI Международной научно-практической конференции «Предупреждение. Спасение. Помощь». - Химки, Московская обл. – 2016. С. 9-14.
7. *Киселев В.В.* Разработка огнезащитных покрытий для металлоконструкций. / В.В. Киселев, Н.А. Кропотова, К.А. Архангельский. // Сборник материалов II Межвузовской научно-практической конференции «Современные пожаробезопасные материалы и технологии», посвященной Году пожарной охраны России. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. - С. 8 – 12.

УДК [536.21:624.012.45]: 001.891.5

В. А. Кудряшов, С. С. Ботян

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты МЧС Беларуси»

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНЫХ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПРИ ОГНЕВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ДЛЯ ЦЕМЕНТНЫХ АРМИРОВАННЫХ СТЕКЛОВОЛОКНОМ ПЛИТ

Разработана методика и проведены экспериментальные исследования динамики прогрева модельных образцов цементных армированных плит толщиной 12,5 и 25 мм. Разработана расчетная модель и решена обратная задача теплопроводности с оценкой эффективных коэффициентов теплопроводности рассматриваемых образцов в диапазоне температур от 20 до 1000 °С.

Ключевые слова: теплофизические характеристики; коэффициент теплопроводности; экспериментальные исследования; обратная задача теплопроводности, стандартный температурный режим.

V. A. Kudryashov, S. S. Batyan

METHODOLOGY OF ESTIMATION OF EFFECTIVE THERMAL CONDUCTIVITY COEFFICIENT AT FIRE INFLUENCE FOR CEMENT BOARDS

A technique is developed and experimental studies of the heating dynamics of model samples of cement boards with a thickness of 12.5 and 25 mm are made. A computational model is developed and the inverse heat conduction problem is solved with an estimate of the effective thermal conductivity coefficients of the samples under consideration in the temperature range from 20 to 1000 °С.

Keywords: thermal properties; thermal conductivity coefficient; experimental data; inverse heat conduction problem, standard temperature-time curve.

Решение задач теплообмена является неотъемлемой частью решения задач огнестойкости строительных конструкций. Теплофизические характеристики обшиваемых листов, внутреннего заполнения перегородок определяют динамику прогрева конструкций при пожаре и, как следствие, величину их предела огнестойкости. Математическое моделирование процессов теплообмена в многослойных ненесущих каркасных перегородках невозможно при отсутствии надежных исходных теплофизических данных.

На практике теплофизические характеристики строительных материалов при высокотемпературном нагреве принимают по справочным данным, при этом существует ряд нормативных методик, позволяющих получить теплофизические характеристики экспериментальным путем. Экспериментальные методики основаны преимущественно на стационарных режимах нагрева и установившихся значениях температурных полей. Это позволяет получить удовлетворительные данные для материалов, в которых влиянием внутренних нестационарных физико-химических процессов можно пренебречь, например, для огнеупорных материалов, подвергающихся многократным режимам нагрева, либо для большинства строительных материалов, эксплуатирующийся при нормальных условиях. В условиях резко нестационарного режима нагрева пожара, в строительных материалах, не обладающих огнеупорными свойствами, протекает множество физико-химических процессов, определяющих конечное распределение температурных полей. Таким образом, поиск экспериментальных методов, позволяющих получить теплофизические характеристики при нестационарном тепловом режиме стандартного пожара по ГОСТ 30247.0 [1] является актуальным направлением.

Одним из наиболее надежных способов определения теплофизических характеристик при нестационарном тепловом режиме стандартного пожара по [1] является решение обратной задачи теплопроводности для экспериментальных данных. Данный способ позволяет учесть нелинейные изменения теплофизических характеристик, которые зависят от значения температуры и скорости нагрева. Применение указанного подхода позволило получить эффективные значения коэффициента теплопроводности цементных армированных плит.

Для этого были выполнены следующие задачи:

- разработана методика проведения экспериментальных исследований модельных образцов, включающая: подготовку фрагмента модельного образца, расстановку термоэлектрических преобразователей на поверхностях образца; обеспечение температурного режима в камерной электропечи, соответствующего стандартной температурной зависимости пожара по [1];

- проведены экспериментальные исследования в соответствии с разработанной методикой и получены данные, включающие: динамику температуры на обогреваемой и необогреваемой поверхности материала в диапазоне температур от 20 до 1000 °С и температуры в камерной электропечи;

- разработана методика решения обратной задачи теплопроводности с применением программной системы конечно-элементного анализа, включающая: расчетную модель прогрева образца, начальные и граничные условия, а также принятые неопределенности и упрощения в модели.

Методика и результаты экспериментальных исследований. В качестве исследуемого объекта принят образец цементной армированной плиты размерами 210×210 мм (размер образца обусловлен геометрическими размерами камерной электропечи), толщиной 12,5 и 25 мм. В качестве нагревательного оборудования использовали камерную электропечь SNOL-30/1300L с применением микропроцессорного программируемого терморегулятора E5CK-T, который создает

тепловой режим в зависимости от необходимых данных в диапазоне температур от 50 до 1300 °С.

Перед проведением экспериментальных исследований, а также после их проведения определяли массу каждого образца с использованием лабораторных весов (тип ЕК-12К1) геометрические параметры с использованием линейки металлической (тип ЛС-ПР-30) и штангенциркуля (тип ST3505-150). В ходе проведения экспериментальных исследований регистрировали изменение температуры на обогреваемой и необогреваемой поверхностях материала и в рабочей камере электропечи с использованием термоэлектрических преобразователей (тип ТХА(К)-1199/51/2/450/1,5/10) и измерителя регулятора (тип «Сосна-004»). Периодичность фиксации данных температуры была принята равной 60 сек, длительность эксперимента – 3600 сек.

Исследования осуществляли в 2 этапа, для приведенной толщины 12,5 и 25 мм, по 4 образца каждой толщины. Температура окружающей среды в ходе всех испытаний составляла 22 °С, влажность – 45 %. Среднее значение плотности образцов в результате высокотемпературного воздействия составило 80,84% от исходного. На рис. 1 представлены данные изменения средней температуры на обогреваемой, необогреваемой стороне образцов и в рабочей камере электропечи. Статистическая обработка результатов экспериментов была проведена согласно ГОСТ 8.207 [2].

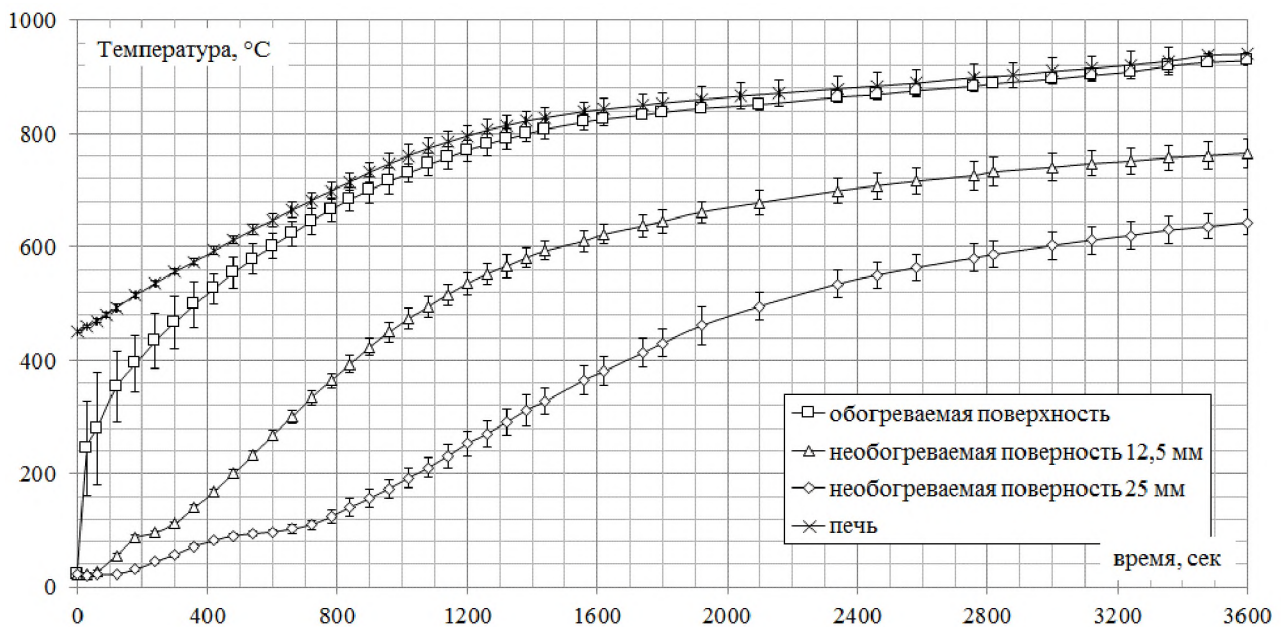


Рис. 1. График изменения температуры при проведении экспериментальных исследований

Как видно из графика, динамика повышения температуры необогреваемой поверхности экспериментальных образцов обусловлена его толщиной. Перегиб кривых нагрева в области 100 °С свидетельствует о процессах дегидратации. Дальнейшее повышение температуры характеризуется постепенным снижением скорости роста температуры в печи.

Решение обратной задачи теплопроводности с оценкой эффективных коэффициентов теплопроводности. Результаты проведенных экспериментальных исследований позволили решить обратную задачу теплопроводности для цементных армированных плит при нестационарном тепловом режиме стандартного пожара по [1]. Решение осуществлено с использованием программной системы конечно-элементного анализа.

Следует отметить, что работа программной системы конечно-элементного анализа основана на пошаговом решении системы уравнений теплового баланса, полученной на основе закона сохранения энергии. Суть метода конечных элементов состоит в том, что любую непрерывную величину возможно аппроксимировать дискретной моделью, которая состоит из множества кусочно-непрерывных функций, определенных на конечном числе подобластей [4].

Для качественного учета тепловых потоков на необогреваемой стороне исследуемого образца, конечно-элементная модель была принята двухслойной, в качестве второго слоя была принята дверца электропечи, к которой примыкала необогреваемая сторона образца в ходе экспериментальных исследований.

В качестве начальных условий в расчетной модели было принято, что температура во всех точках образца одинакова и равна температуре окружающей среды (22 °С).

В качестве граничных условий теплообмена была принята комбинация граничных условий 1 и 3 рода. Так, радиационно-конвективный теплообмен, создаваемый в рабочей камере электропечи, принимали в качестве известной температуры на обогреваемой поверхности образца материала в ходе проведения экспериментальных исследований, что соответствует граничным условиям 1 рода. С необогреваемой стороны дверцы электропечи был принят радиационно-конвективный теплообмен с вертикальной стенки в окружающую среду (воздух), что соответствует граничным условиям 3 рода. Величину теплоотдачи за счет конвекции определяли с учетом характера конвективного теплообмена с окружающим воздухом, геометрическим размером и положением тела. Указанное решение выполняли с использованием физического аппарата критериев подобия, на основе чисел Нуссельта (Nu), Прандтля (Pr), Грасгофа (Gr) и Рэлея (Ra), а также числа Рейнольдса (Re) в случае вынужденной конвекции (во всех случаях в качестве теплоносителя принят воздух).

Кроме того, в граничных условиях были приняты следующие упрощения:

- ввиду того, что контактные и иные тепловые потери в принятой экспериментальной методике невозможно оценить, их влияние было отнесено к неопределенности расчетной модели, а полученные коэффициенты теплопроводности следует считать эффективными;

- ввиду того, что линейные размеры исследуемого образца и дверцы элек-

тропечи были много больше их толщины, направление теплового потока через исследуемые тела было принято перпендикулярным, а сам поток – одномерным, т.е. боковые поверхности расчетной модели были приняты с идеальной теплоизоляцией.

В ходе моделирования осуществляли аналитическую оценку теплофизических характеристик материала. В качестве искомой теплофизической характеристики в программной системе конечно-элементного анализа был принят эффективный коэффициент теплопроводности. Плотность материала и ее изменение в зависимости от температуры были приняты в ходе проведенных измерений и расчетов до и после проведения экспериментальных исследований.

В качестве расчетной удельной теплоемкости в первом приближении принимали нормативные значения для влажного бетона с карбонатным заполнителем в соответствии с ТКП EN 1992-1-2 [3], поскольку более 70% заполнителя в цементной армированной плите составляет портландцемент и известняк.

Методика аналитической оценки заключалась в поэтапном подборе эффективного коэффициента теплопроводности до полного соответствия прогрева конечно-элементной модели в соответствии с данными экспериментальных исследований. Поэтапный подбор эффективного коэффициента теплопроводности осуществляли методом последовательных итераций. Для корректного описания нестационарного процесса теплопередачи при стандартном пожаре удовлетворительно подходит кусочно-линейная зависимость коэффициента теплопроводности, состоящая из пяти сегментов с узловыми точками при температуре 100 °С, 200 °С, 400 °С, 700 °С и 1000 °С. Результат аналитической оценки эффективного коэффициента теплопроводности для цементной плиты представлен на рис. 2.

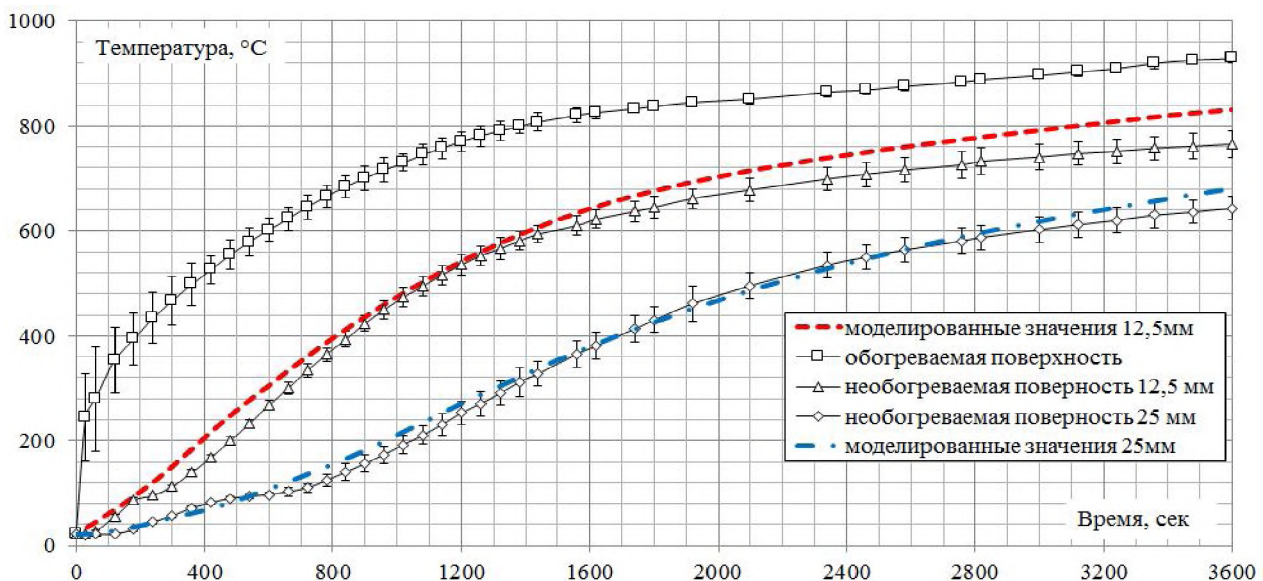


Рис. 2. Сопоставление экспериментальных данных изменения температуры на необогреваемой поверхности образцов со значениями, полученными по результатам численного моделирования

Следует отметить удовлетворительную сходимость расчетных с экспериментальными данными, при этом отклонение принято в сторону запаса безопасности, т.е. аналитическое решение показывает более интенсивный прогрев по сравнению с результатами экспериментальных исследований. Основные результаты определения эффективного коэффициента теплопроводности от температуры для принятых значений плотности и теплоемкости цементной армированной плиты толщиной 12,5 и 25 мм при использовании расчетной модели и решении обратных задач теплопереноса представлены на рис. 3.

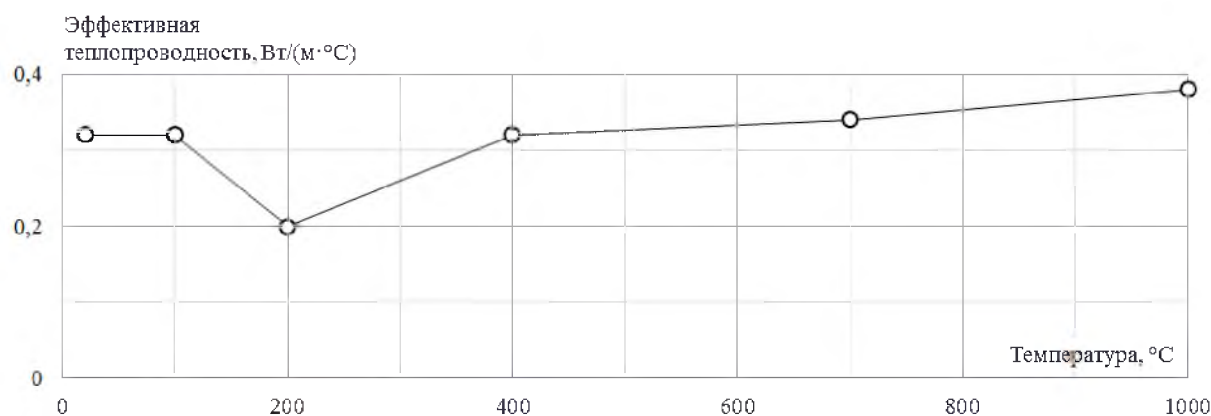


Рис. 3. График изменения эффективного коэффициента теплопроводности от температуры

На основе расчетно-экспериментальной методики определен эффективный коэффициент теплопроводности цементных армированных плит для нестационарных режимов нагрева в условиях пожара. Результаты решения задачи теплопроводности в системе конечно-элементного анализа показывают удовлетворительную сходимость с экспериментальными данными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 30247.0-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования // Полнотекстовая информационно-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ» [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. и прогр. (700 Мб). – Минск, НПП РУП «Стройтехнорм», 2016. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM)
2. ГОСТ 8.207-76. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов измерений. – Введ 01.01.77. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 7 с.
3. ТКП EN 1992-1-2-2009 (02250) Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-2. Общие правила определения огнестойкости // Полнотекстовая информационно-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ» [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. и прогр. (700 Мб). – Минск, НПП РУП «Стройтехнорм», 2016. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
4. ANSYS Mechanical APDL Theory Reference, Release 15.0 ANSYS, Inc. November 2013.

УДК 614.814.332:691-422:691-417.2

В. А. Кудряшов, С. М. Жамойдик

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

ОГНЕСТОЙКОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ЛИСТОВ С ТРАПЕЦИЕВИДНЫМИ ГОФРАМИ, УЛОЖЕННЫХ С ПРОЛОТОМ МЕЖДУ НЕСУЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ 6 МЕТРОВ

На основании анализа результатов испытаний аналогичных конструкций, была разработана и испытана модельная конструкция покрытия на основе профилированных листов с трапециевидными гофрами, соответствующая статической схеме работы покрытия с пролетом между несущими элементами 6 метров. Экспериментальный фрагмент представляет собой стальную двухпролетную раму из профилированных труб квадратного сечения, поверх которой уложен настил, выполненный из стального холодногнутого листового проката, и кровельная система. Предел огнестойкости модельной конструкции фрагмента покрытия согласно протоколу испытаний составил RE 30.

Ключевые слова: профилированный лист, модельная конструкция, огнестойкость, огнезащита, стандартный пожар, огневые испытания, пожарная безопасность.

V. A. Kudryashov, S. M. Zhamoidik

FIRE RESISTANCE OF ROOF STRUCTURES MADE WITH TRAPEZOID PROFILED SHEETS SPANNING 6 METERS

Based on the analogues test results analysis, a model roof structure made with trapezoid profiled sheets was developed and tested, corresponding to the static 6 meters spanning scheme. The experimental structure comprises a steel two-span frame made of square shaped tubes, steel cold-rolled sheet and a roofing system. The fire resistance rate of the model roof structure is RE 30 according to the test report.

Keywords: profiled sheet, model construction, fire resistance, fire protection, standard fire, fire tests, fire safety.

В настоящее время легкие металлические конструкции широко применяются при строительстве крупных зданий и сооружений торгового и промышленного назначения. Использование легких металлических конструкций обусловлено значительным снижением материалоемкости, трудоемкости а, соответственно, сокращением сроков и стоимости строительства таких объектов.

Применение профилированных листов в легких стальных конструкциях обусловлено их широкой доступностью, долговечностью и коррозионной стойкостью, устойчивостью к перепадам температуры, высокой прочностью на изгиб при небольшой толщине. Профилированные листы представляют собой полотна оцинкованной стали, поверхность которых пересекают продольные ребра жесткости различной высоты, полученные путем холодного формования листа профилировочными роликами.

Известно, что в тонкостенных сечениях, как правило, соотношение высоты (ширины) сжатой части сечения к ее толщине (t) превышает $40t$, а соотношение высоты (ширины) нормально изгибаемой части сечения к ее толщине (t) превышает $120t$. Таким образом, все профилированные листы с высотой (шириной) сжатой части сечения более 24 мм или нормально изгибаемой части сечения более 72 мм при соответствующей толщине листа (0,6 мм) следует относить к тонкостенным.

Особенностью тонкостенных сечений является то, что для них, как правило, не выполняются гипотеза плоских сечений Эйлера-Бернулли и принцип локальности действия взаимно уравновешенной системы Сен-Венана. Все это в конечном счете выражается в деформации сечений под действием нагрузки [1, 2]. Деформация сечений под нагрузкой приводит к искажению (изменению) геометрических характеристик поперечного сечения, что вносит существенный вклад в распределение суммарных напряжений.

Для вычисления несущей способности поперечного сечения используется эффективное поперечное сечение. Сущность эффективного расчетного сечения заключается в том, что из реального сечения исключаются области, теряющие устойчивость в первую очередь. На рис. 1 приведен характерный пример по данным В.В. Юрченко [1].

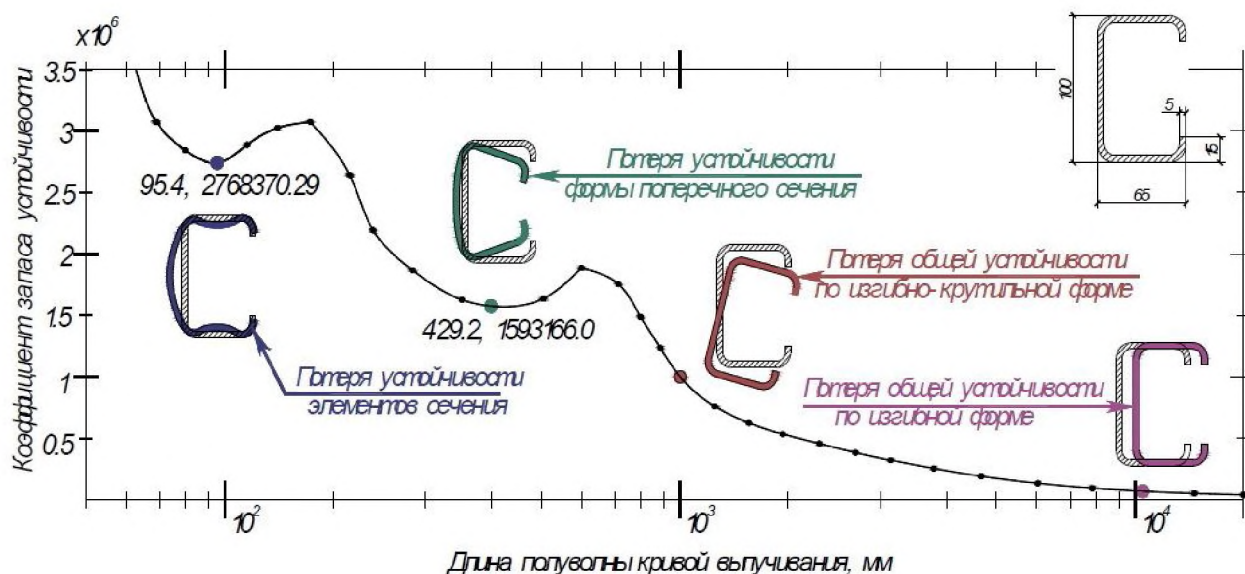


Рис. 1. Решение задачи устойчивости С-образного тонкостенного стержня с использованием оболочечной модели по данным В.В. Юрченко [1]

Как следует из диаграммы, учет полного сечения профиля при работе на сжатие потребует, как минимум трехкратный запас (читай, трехкратное снижение нагрузки) на потерю устойчивости формы элементов сечения. При этом само сечение будет еще способно воспринимать часть нагрузки до полной потери устойчивости. Эффективное поперечное сечение по сути является рациональным подбором площади элементов, не теряющих своей устойчивости исходя из максимально возможного усилия.

К настоящему времени накоплен значительный опыт испытаний фрагментов покрытий с применением стального трапециевидного профилированного листа. Подробный анализ существующих экспериментальных данных позволил более качественно разработать модельную конструкцию покрытия на основе профилированных листов с трапециевидными гофрами, соответствующей статической схеме работы покрытия с пролетом между несущими элементами 6 метров.

Анализ существующих экспериментальных исследований фрагментов покрытий с применением стального трапециевидного профилированного листа показал:

1. Стальные профилированные настилы, являясь тонкостенными сечениями, нагреваются крайне быстро, их температура по истечению 15 минуты огневого воздействия, всего лишь на 200...100 °С ниже температуры газовой среды в печи (пожара). Рассмотренные фрагменты покрытий показали невысокий предел огнестойкости – 11...23 минут.

2. Для всех испытанных фрагментов покрытий характерны отклонения от стандартной схемы опирания профлиста – вместо стандартного двухстороннего опирания во всех случаях применены схемы с четырехсторонним опиранием. Как результат – во всех случаях профилированный лист работал (изгибался) в двух направлениях. Оценить, насколько это является благоприятным либо неблагоприятным условием проведения испытаний затруднительно – с одной стороны, опирание по четырем сторонам снижает значение пролетного изгибающего момента, перераспределяя его на продольные опоры (это является по сути облегчением работы покрытия по сравнению с реальной схемой работы, что недопустимо); с другой стороны, профилированный лист, не обладающий достаточной жесткостью в поперечном направлении, не способен к восприятию и перераспределению значительных усилий в поперечном направлении, в ходе испытаний постепенно превращается в вантовую систему (в поперечном направлении), что ведет к появлению дополнительных растягивающих напряжений и потере целостности покрытия (это можно считать ухудшением реальных условий работы).

При разработке модельной конструкции были исключены запроектные усилия и обеспечено ее деформирование по схеме с двусторонним опиранием, с максимально равномерной изгибной жесткостью в поперечном направлении (в особенности по краям фрагмента). При этом опускание кромок фрагмента в

пространство печи требует более надежную защиту от переброса пламени с пространства печи на полимерную гидроизоляцию (это сделает невозможным фиксацию перемещений во время испытаний).

3. Стальные профилированные листы, как правило, применяются по многопролетной неразрезной схеме, поэтому испытания с промежуточными опорами являются объективным фактором. Вместе с тем, во всех испытаниях с такой схемой испытания игнорировались перемещения опорных прогонов, которые вносят суммарный вклад в общую картину перемещений. При разработке модельной конструкции предусмотрена огнезащита поперечных прогонов, для обеспечения их максимальной жесткости в условиях прогрева и возможности пренебречь их перемещениями.

4. Ни в одном из рассмотренных испытаний не использован потенциал опорного момента на крайних опорах. В реальных конструкциях изгибающий момент с нагреваемого пролета может быть перераспределен на соседние, менее нагретые пролеты. В условиях стандартных испытаний опорный момент может быть смоделирован противовесами, располагаемыми в не нагреваемой опорной зоне печи.

5. Лишь в одном из перечисленных испытаний использовано нормативное сочетание нагрузок для расчетной ситуации пожара согласно EN 1990 [3]. Для модельной конструкции использованы именно такие нагрузки, при этом ввиду ограниченного пространства огневой печи применены масштабные коэффициенты подобия.

На основании полученных выводов, была разработана и успешно испытана модельная конструкция покрытия на основе профилированных листов с трапециевидными гофрами, соответствующая статической схеме работы покрытия с пролетом между несущими элементами 6 метров.

Экспериментальный фрагмент представляет собой стальную двухпролетную раму из профилированных труб квадратного сечения $160 \times 160 \times 8$ по ГОСТ 30245 [4], поверх которой уложен настил, выполненный из стального холодногнутого листового проката марки 3-133-945 S320 GD согласно DIN 18807 [5]. Схема раскладки стального холодногнутого листового профиля была выбрана исходя из достаточной несущей способности для обеспечения огнестойкости не менее RE 30 в условиях нагрева стального сечения выше $800 \text{ }^\circ\text{C}$. Для этого каждый профилированный лист укладывался с перехлестом в одну волну в поперечном направлении и на $1/10$ пролета в продольном направлении. С учетом того, что отдельный профилированный лист 3-133-945 S320 GD включает три гофры, то перехлест в поперечном направлении означает двойное сечение листа через гофру. Перехлест в продольном и поперечном направлении был выполнен со сдвигом, таким образом, чтобы в каждой гофре присутствовал тройной перехлест профилированного листа.

Сверху стального настила уложен фрагмент кровельной системы, состоящий из утеплителя из негорючих минераловатных плит плотностью 170 кг/м^3 (30 мм), минераловатных плит плотностью 110 кг/м^3 (180 мм), поверх второго слоя минеральной ваты уложен третий слой минераловатных плит плотностью

170 кг/м³ (20 мм). Крепление к настилу минеральной ваты осуществлялось кровельными дюбелями, с расходом 4-5 шт на плиту.

Распределенная нагрузка на модельный образец была определена исходя из квадратичного коэффициента пропорциональности для сохранения значения изгибающего момента относительно пролета 6,0 м. Исходя из того, что собственный вес единицы площади конструкции остается величиной постоянной и составляет 43,5 кг/м², полезная нагрузка для 6,0 м составляет 8,85 кг/м², распределенная нагрузка на модельный образец с двумя пролетами по 2,6 м исходя из квадратичного коэффициента пропорциональности для сохранения значения изгибающего момента относительно пролета 6,0 м составила 235 кг/м².

Испытания были проведены на испытательном полигоне НИИ ПБиЧС МЧС Беларуси согласно ГОСТ 30247 [6, 7]. В результате испытаний прогиб образца на 30 минуте испытаний не превысил значение 1/20 пролета. При этом после 15 минуты испытаний было зафиксировано ускорение развития прогибов, вызванное местной потерей устойчивости (смятием) профилированного листа на опоре. Это фактически соответствует переходу схемы опирания на шарнирную. При этом профилированный настил, как это и характерно для тонкостенных сечений, продолжал работать в закритической стадии. Пластический шарнир в середине пролета не образовался, что свидетельствует о некотором резерве огнестойкости модельной конструкции.

Предел огнестойкости модельной конструкции фрагмента покрытия согласно протоколу испытаний составил RE 30. Предел огнестойкости может быть распространен на аналогичные конструкции, уложенные с пролетом 6,0 м с учетом собственного веса единицы площади конструкции 43,5 кг/м² и полезной нагрузки 8,85 кг/м². При расчете иных значений пролета при расчете огнестойкости допускается использовать коэффициент, определяющий неразрезность схемы, равный 15,57.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юрченко В.В. Проектирование каркасов зданий из тонкостенных холодногнутых профилей в среде «SCAD Office» / В.В. Юрченко // Magazine of civil engineering. – № 8, 2010. – С. 38-46.
2. Рыбаков В.А. Основы строительной механики легких стальных тонкостенных конструкций. Учебное пособие / В.А. Рыбаков. – Санкт-Петербург : Издательство Политехнического ун-та, 2010. – 208 с.
3. ТКП EN 1990-2011* (02250). Еврокод. Основы проектирования строительных конструкций. – Введ. 15.11.2011 г. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2011. – 70 с.
4. ГОСТ 30245-2003 Межгосударственный стандарт. Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций. – Введ. 01.10.2003 г. – Москва : Межгосударственная научно-техническая комиссия по

стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве, 2001. – 8 с.

5. DIN 18807-3:1987-06. Trapezprofile im Hochbau; Stahltrapezprofile; Festigkeitsnachweis und konstruktive Ausbildung

6. Межгосударственный стандарт. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования: ГОСТ 30247.0-94. – Введ. 01.10.1998г. – Взамен СТ СЭВ 1000-78. – Минск: Минстройархитектуры, 1998. – 16 с.

7. Межгосударственный стандарт. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции: ГОСТ 30247.1-94. – Введ. 01.10.1998г. – Взамен СТ СЭВ 1000-78, СТ СЭВ 5062-85. – Минск: Минстройархитектуры, 1998. – 7 с.

УДК: 614.841.41

В. А. Кудряшов, А. С. Дробыш

Государственное учреждение образования «Университет Гражданской защиты МЧС Беларуси», г. Минск

ОЦЕНКА ГОРЮЧЕСТИ И ТЕПЛОСТОЙКОСТИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проведены комплексные исследования по оценке горючести и температуростойкости полимерных композитных материалов, полученные результаты позволят прогнозировать поведение композитного материала при воздействии высоких температур.

Ключевые слова: экспериментальные исследования, огнестойкость, композитный материал, горючесть, температуростойкость.

V. A. Kudryashov, A. S. Drobyshev

ASSESSMENT OF COMBUSTIBILITY AND HEAT RESISTANCE OF COMPOSITE MATERIALS

Complex studies on the evaluation of flammability and temperature resistance of polymer composite materials have been carried out; the results obtained will make it possible to predict the behavior of a composite material when exposed to high temperatures.

Keywords: experimental research methods, fire resistance, composite material, combustibility, heat resistance.

Проведена серия экспериментальных исследований по моделированию воздействия, как открытого пламени, так и источника излучения на образцы композитного материала. Ввиду того, что композитные строительные материа-

лы на основе полиэфирных смол являются новыми, для каждого вида экспериментального исследования были использованы существующие методики с дополнениями. Базовые методики были дополнены для полного достижения поставленной цели, в результате испытаний получено значительное количество данных, позволяющих оценивать поведение при повышенных температурах композитных материалов. Результаты всех испытаний при количестве образцов более четырех подвергались статистической обработке по ГОСТ 8-207 [1].

На рис. 1 представлена зависимость температуры дымовых газов во время испытаний образцов композитного материала на горючесть по ГОСТ 12.1.044 [2]. Видно, что температура дымовых газов во время испытаний поднялась на 500 °С в по сравнению с исходной температурой горения дымовых газов газовой горелки. Достижение максимальной температуры произошло в течение 2 минут. Масса образцов после испытаний не превысила 35 % от первоначальной массы.

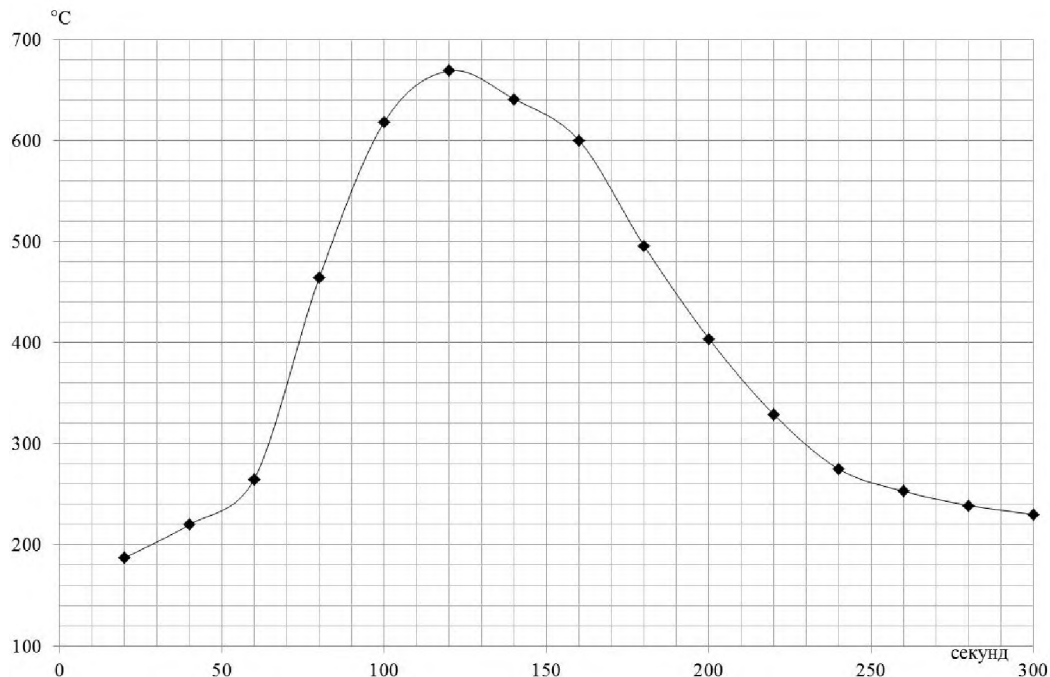


Рис. 1. Зависимость температуры дымовых газов при испытании материала на горючесть

Вышеизложенные факты позволяют утверждать, что композитные материалы, армированные стекловолокном, на основе изофталевой смолы, следует классифицировать как горючие материалы средней воспламеняемости по ГОСТ 12.1.044 [2]. Изучение угольных остатков материала показало, что в течение трех минут прямого огневого воздействия газовой горелки полимерная составляющая подвергается пиролизу в полном объеме.

На рис. 2 представлены результаты испытаний по оценке воспламеняемости и теплостойкости согласно ГОСТ 30402 [3]. Результаты испытаний свидетельствуют, что при малом тепловом потоке (5 кВт) температура на поверхности образца к окончанию испытаний выходила на стационарный режим, в то время как при среднем тепловом потоке (15 кВт) температура образца постоянно возрастала, при этом происходило обугливание материала. При высоких тепловых потоках (20...30 кВт) происходил резкий разогрев и воспламенение продуктов пиролиза композитного материала. Воспламенение всех образцов зафиксировано при температуре не более 300 °С.

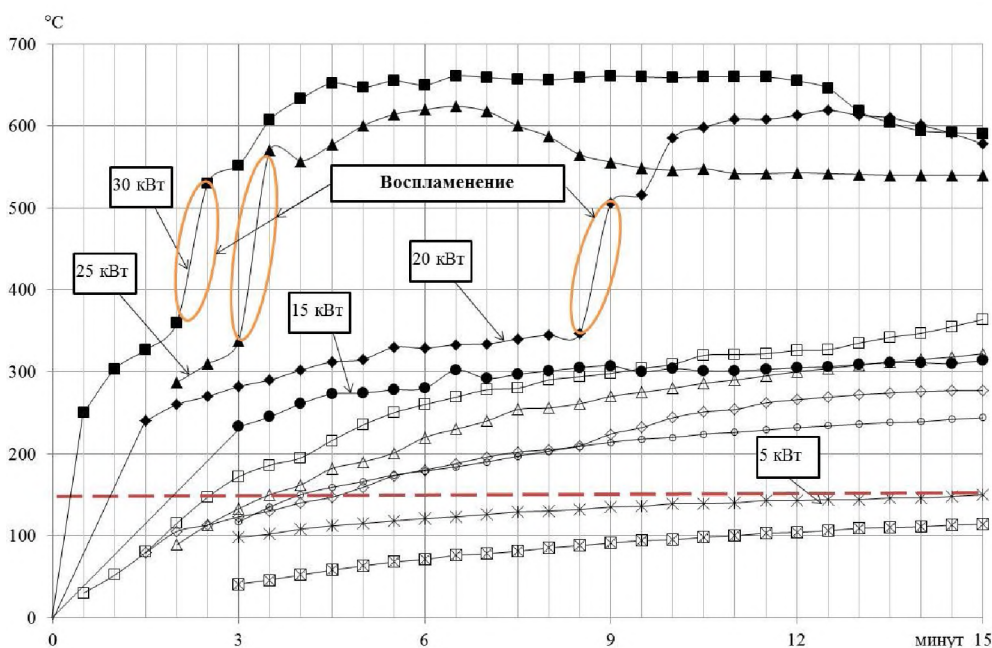


Рис. 2. Зависимость температуры на обогреваемой (заштрихованные маркеры) и необогреваемой (незаштрихованные маркеры) стороне образцов

На рис. 3 представлен общий вид испытаний на установке по определению способности к воспламенению строительных изделий при одновременном воздействии лучистого теплового потока и открытого пламени от источника зажигания. Видно, что вспышке и непродолжительному пламенному горению последовало обугливание материала, затрудняющее процесс пламенного горения.



Рис. 3. Общий вид испытаний по оценке воспламеняемости

Во время испытаний для всех образцов при температуре порядка 150 °С было зафиксировано расслаивание, которое сопровождалось характерным звуком. Так как растрескивание не происходило во время испытаний образцов на горючесть, при которых материал сразу и полностью подвергался резкому тепловому воздействию, можно сделать предположение, что причиной растрескивания служила разность деформаций расширения нагретых слоев материала в середине образца и не нагретых по периметру. Ввиду того, что при реальных пожарах равномерный прогрев конструкций маловероятен, то указанная температура может быть принята в качестве критерия огнестойкости, так как расслоение композитного материала ведет к быстрой потере его прочностных характеристик. При этом, в соответствии с графиком, представленном на рисунке 2, температура, при которой начинаются самоускоряющиеся процессы пиролиза полимера составляет не менее 200 °С. Таким образом, приняв температуру 150 °С в качестве критической, обеспечивается необходимый запас до начала термического разложения материала. В соответствии с рисунком 2 и ГОСТ 30402 [3] композитные материалы, армированные стекловолокном, на основе изофталевой смолы следует относить к умеренно воспламеняемым с группой воспламеняемости В2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8-207-76 Межгосударственный стандарт. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. – Введ. 01.01.1977 – М. : Издательство стандартов, 1977 – 10 с.
2. ГОСТ 12.1.044-89. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения – Введ. 01.01.1991 г. – М. : ФГУП ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 1991. – 104 с.
3. ГОСТ 30402-96. Материалы строительные. Методы испытания на воспламеняемость – Введ. 30.03.1997 г. – М. : ФГУП ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 1997. 27 с.

УДК 614.841.34

В. А. Кудряшов, И. Ю. Кураченко

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ СТАНДАРТНЫХ ОГНЕВЫХ ИСПЫТАНИЯХ

Представлены подходы к оценке деформаций бетона и арматуры, возникающих в поперечном сечении изгибаемых железобетонных конструкций при проведении стандартных огневых испытаний.

Ключевые слова: изгибаемая железобетонная конструкция, огнестойкость, предел огнестойкости, радиус кривизны, деформация бетона, деформация арматуры, стандартный температурный режим пожара.

V. A. Kudryashov, I. Y. Kurachenko

METHODS OF DEFORMATIONS IN THE CROSS SECTION OF BINDED REINFORCED CONCRETE STRUCTURES UNDER STANDARD FIRE TESTS

Approaches to the evaluation of deformations of concrete and reinforcement arising in the cross section of curved reinforced concrete structures during standard fire tests are presented.

Keywords: bendable reinforced concrete structure, fire resistance, fire resistance limits, radius of curvature, deformation of concrete, deformation of reinforcement, standard temperature mode of fire.

Совершенствование и разработка способов определения деформаций в поперечном сечении железобетонных конструкций при высокотемпературном воздействии имеет важную практическую значимость. Полученные значения деформаций могут применяться при оценке огнестойкости конструкций расчетными методами. Авторами в работе предложены новые и представлены известные способы измерения деформаций.

Приложенная нагрузка и другие внешние воздействия вызывают в железобетонных конструкциях усилия в бетоне и арматуре, при этом в изгибаемых элементах возникает сжатая и растянутая зоны [1]. В сжатой зоне усилия воспринимает бетон и сжатая арматура, а в растянутой – бетон и растянутая арматура, но после образования трещин в растянутой зоне усилия воспринимаются только арматурой.

Арматура, расположенная в сжатой зоне конструкции, при надежной адгезии воспринимает внешние усилия совместно с бетоном, следовательно, возникающие в ней деформации равны деформациям сжатого бетона. Растягивающие усилия воспринимаются в большей степени только растянутой (рабочей) арматурой.

Разрушение изгибаемых железобетонных конструкций происходит вследствие образования пластического шарнира в рабочей арматуре. Следовательно, предельное состояние элемента наступает, когда в рабочей арматуре появляются необратимые (предельные) деформации.

Деформации – изменение относительного положения частиц тела, связанное с их перемещением. Обычно деформации сопровождаются изменением величин межуатомных сил, мерой которого является упругое напряжение [2]. Измерения деформаций называют тензометрией. В зависимости от конкретной задачи для оценки деформаций в поперечном сечении конструкций применяют оптические или электрические методы тензометрии.

Оптический метод заключается в нанесении на рассматриваемое сечение царапаньем, травлением или способом фотопечати двух или более сеток (растров), состоящих из линий, точек или иных геометрических элементов. После испытаний на деформированный растр накладывают исходный и, по возникшей в результате интерференции муаровой картине, наблюдают за деформациями сжатия, растяжения или кручения. Метод муаровых полос обладает достаточно высокой степенью точности и позволяет следить за деформациями по всему исследуемому объекту. Однако, применение данного метода измерения деформаций при стандартных огневых испытаниях затрудняется вероятностью обрушения железобетонного элемента при высокотемпературном воздействии, после которого оценить деформации не представляется возможным.

Электрический метод оценки деформаций основан на применении тензодатчиков (тензорезисторов). Проволочные, полупроводниковые, фольговые или жидкометаллические тензодатчики устанавливают на поверхность исследуемой конструкции при помощи специального клея (циакрин, полиимид, эпоксидный клей, керамическое связующее и др.), обладающего достаточной стабильностью, гарантирующей точное измерение деформаций. В процессе испытаний при помощи регистрирующего оборудования измеряют изменение электрического сопротивления чувствительного элемента тензодатчика и определяют в зависимости от тензочувствительности величину измеряемой деформации. Обладая высокой степенью точности измерений, тензорезисторы весьма чувствительны к повышению температур.

Существуют также и высокотемпературные тензодатчики, изготавливаемые в виде проволочной решетки, закрепленной с помощью специального жаропрочного цемента в трубке на фольге из нержавеющей стали [3]. Высокотемпературные тензодатчики позволяют производить оценку деформаций при температурах 400...800 °С. Негативной стороной применения таких тензодатчиков

является их довольно высокая стоимость, в том числе и с учетом необходимого комплектующего, а также отсутствие возможности повторного применения.

Принимая во внимание представленные методы, авторы предлагают следующий способ оценки распределения деформаций в поперечном сечении изгибаемых железобетонных конструкций, основанный на применении геодезических приборов и измерительных инструментов.

Согласно гипотезе плоских сечений и в соответствии с [4] кривизна железобетонных элементов описывается формулой:

$$\left(\frac{1}{r}\right) = \frac{\varepsilon_{cm} + \varepsilon_{sm,0}}{d}, \quad (1)$$

где ε_{cm} – средние относительные деформации крайнего сжатого волокна бетона на участке между трещинами,

$\varepsilon_{su,0}$ – средние относительные деформации крайнего растянутого стержня продольной арматуры на участке между трещинами,

d – расстояние между крайним сжатым волокном бетона и крайним растянутым стержнем продольной арматуры (определяется исходя из высоты сечения и толщины защитного слоя).

Ввиду того, что деформации растянутой снизу арматуры в условиях высокотемпературного воздействия оценить достаточно проблематично, их следует принять за искомую неизвестную. Это становится возможным при условии оценки радиуса кривизны и деформаций сжатия бетона в процессе прогрева конструкции.

Для определения кривизны изгибаемых элементов предлагается на условной оси симметрии, расположенной вдоль расчетного пролета образцов, установить на приопорных участках металлические уголки. Одна из граней уголков должна быть расположена вдоль оси симметрии и в вертикальной плоскости, проходящей перпендикулярно горизонтальным полкам образцов.

Вторую грань уголков следует закрепить к поверхности образцов раствором строительным жаростойким или раствором быстротвердеющим безусадочным на цементной основе. После набора раствором требуемой прочности на вертикальных полках уголков крепятся пленочные геодезические марки лаком на основе органических смол. Принципиальная схема определения кривизны представлена на рис. 1.

При проведении испытаний следует регистрировать координаты перемещений геодезических марок тахеометром, теодолитом или нивелиром одновременно с регистрацией прогиба. Таким образом по трем точкам может быть описан радиус кривизны конструкции.

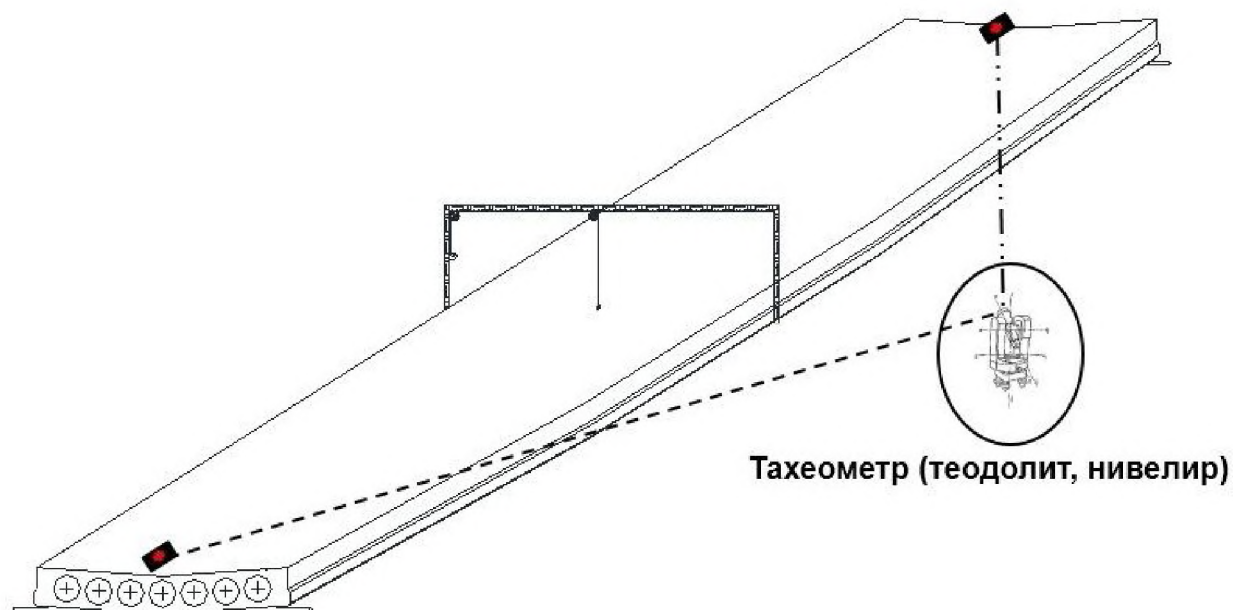


Рис. 1. Принципиальная схема определения кривизны многопустотной железобетонной плиты

С целью определения нейтральной оси элемента необходимо окрасить внешнее ребро элемента на всю высоту сечения эмалевой краской. Так, при огневых испытаниях можно следить за изменением фактической высоты сжатой зоны бетона по растрескиванию краски.

Для определения деформаций сжатия предлагается применять кварцевые трубки. Кварцевое стекло обладает низким коэффициентом температурного расширения, что позволяет пренебрегать температурными деформациями [5]. Учитывая предпосылки, что при чистом изгибе железобетонного элемента имеют место нормальные напряжения, которые в нейтральной линии равны нулю, и, при этом, любое другое волокно подвергается осевому растяжению или сжатию, идея метода оценки сжимающих напряжений заключается в следующем. На равном удалении в каждую сторону от поперечного сечения, в котором ожидается максимальный изгибающий момент, предлагается установить кварцевые трубки, закрепленные по двум точкам в сжатой и растянутой зонах. При этом, кварцевые трубки должны быть крестообразно соединены между собой шарниром.

В процессе огневых испытаний с увеличением прогиба конструкции необходимо измерять сближение свободных концов кварцевых трубок индикатором часового типа. Схема установки кварцевых трубок показана на рис. 2.

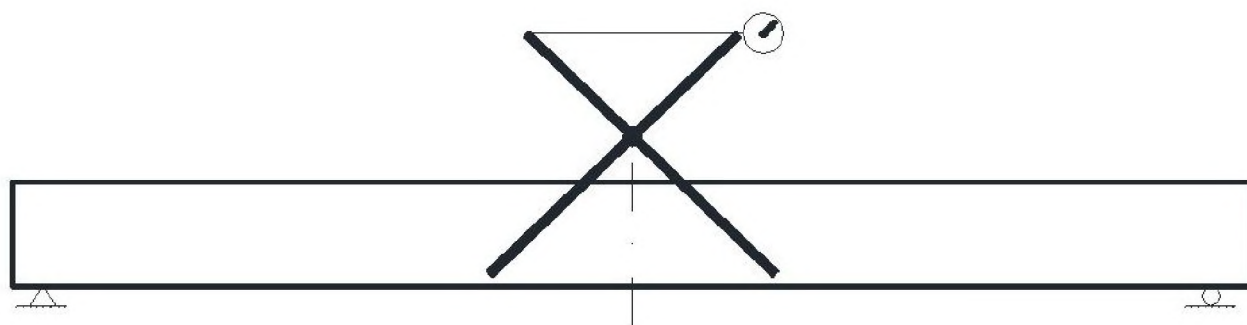


Рис. 2. Условная схема установки кварцевых трубок

В качестве альтернативного метода определения деформаций бетона может применяться метод с использованием измерительных металлических линейек. Линейки необходимо надежно закрепить на боковой грани элемента (в сжатой и растянутой зонах) на болтовые соединения, при чем соединения, удаленные от начала шкалы измерений, должны быть свободными для обеспечения перемещения линейек с увеличением прогиба конструкции. Этого можно достичь путем выреза прямоугольных отверстий в линейках шириной незначительно превышающей диаметр стержня болта с учетом максимально возможного сближения стержней друг к другу. Схема установки измерительных линеек показана на рис. 3.

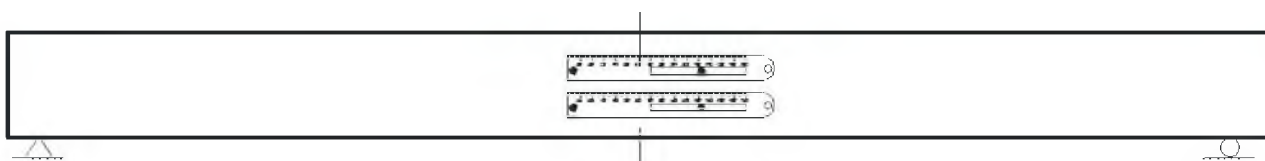


Рис. 3. Условная схема установки измерительных линеек

Определение кривизны и деформаций в поперечном сечении образцов железобетонных конструкций необходимо выполнять на всем этапе проведения стандартных огневых испытаний по [6] до наступления предельных состояний по огнестойкости (потеря несущей и (или) теплоизолирующей способности, потеря целостности).

На основании полученных при экспериментальных исследованиях данных можно оценить распределение деформаций бетона и арматуры по высоте сечения испытанных конструкций с целью применения величин предельных деформаций при расчете пределов огнестойкости изгибаемых железобетонных элементов.

Представленные в работе подходы к оценке деформаций в поперечном сечении железобетонных конструкций могут быть рассмотрены в качестве научного обоснования внесения дополнений в существующую методику проведения стандартных огневых испытаний по [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформативности / А. С. Залесов, Э. Н. Кодыш, Л. Л. Леммыш, И. К. Никитин. – М.: Стройиздат, 1988. – 320 с.: ил.
2. Деформация // Большая Советская энциклопедия (в 30 т.) / А. М. Прохоров (гл. ред.). – 3-е изд. – М.: Сов. энциклопедия, 1972. – Т. VIII. – С. 175. – 592 с.
3. Тензометрический метод измерения деформаций : учеб. пособие / В.А. Мехеда. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 56 с.
4. Бетонные и железобетонные конструкции : СНБ 5.03.01–02. – Введ. 01.07.03. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2003. – 139 с.
5. *Милованов, А.Ф.* Стойкость железобетонных конструкций при пожаре / А.Ф. Милованов. – М. : Стройиздат, 1998. – 304 с.
6. Межгосударственный стандарт. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования : ГОСТ 30247.0-94. – Введ. 01.10.1998. – Минск : Минсктиппроект, 1998. – 12 с.

УДК 622.822

Е. Н. Кузнецова, А. Ш. Мамедов

ФГБОУ ВО Уральский государственный горный университет

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ОЦЕНКИ УГЛЕЙ ПО ФАКТОРУ САМОВЗГОРАНИЯ

Рассмотрена возможность применения математического моделирования основных физико-химических процессов происходящие в выработанном пространстве при оставлении горючей массы.

Ключевые слова: надежность, уголь, самовозгорание, математическое описание, уравнение, термохимические показатели.

E. N. Kuznetsov, A. Sh. Mammadov

IMPROVING THE RELIABILITY OF ESTIMATES OF COAL BY A FACTOR OF SAMOUSKORENIE

The possibility of using mathematical simulation of the main physical and chemical processes occurring in mined-out void with the abandonment of the fuel mass

Keywords: reliability, coal, combustion, mathematical description, equation, thermochemical parameters.

Безопасная отработка склонных к самовозгоранию пластов при существенном поступлении метана из выработанного пространства в действующие выработки в основном решается применением схем проветривания с обособленным раздавлением вредностей. Параметры этих схем определяются моделированием основных физико-химических процессов, происходящих в выработанном пространстве выемочного участка, с учетом наличия горючей массы. При моделировании одним из главных вопросов является достоверная количественная оценка основных термохимических показателей углей. Известные методы их определения связаны с малыми навесками, узким спектром гранулометрического состава. Кроме того, вопрос об адекватности получаемых количественных оценок фактическим, концентрированным скоплениям угля в шахтных условиях по существу не исследован.

Возможность определения физических характеристик решением обратных задач на основе результата эксперимента доказана трудами акад. А. Н. Тихонова. Для построения устойчивых операторов необходимо разработать алгоритм прямой задачи.

Основные физико-химические процессы, происходящие в выработанном пространстве при оставлении горючей массы, описаны в [1]. Исследования показали быструю сходимости алгоритмов программной модели, что предопределяет устойчивость обратной задачи.

В качестве исходной информации выбираются температура угля и концентрация кислорода, определяемые на специальной стендовой установке для моделирования самовозгорания угля (СУМС). На установке воспроизводится одномерный воздушный поток, фильтрующийся через пористую среду (рядовой уголь). Габариты сосуда: диаметр - 1,5 м, длина вдоль фильтрационного потока - 3,0 м. Выходные отклики фиксируются в каждом из девяти сечений, перпендикулярных к оси цилиндра. Приемники сигналов размещены симметрично относительно оси сосуда, по концентрическим окружностям.

Математическое описание сделано в цилиндрической системе координат, в которой отражено условие симметрии вдоль оси сосуда. При этом сама физическая модель, по сравнению с [1], несколько трансформирована: из нее исключены процессы, не связанные с определением термохимических показателей; расширен диапазон применимости модели (за счет структуры члена, отражающего источник генерации тепла в закритическом – по температуре – режиме); фиксирована скорость фильтрации; интенсивность поглощения кислорода представлена в явном критериальном виде.

Идентификацию параметров наиболее целесообразно находить с помощью экстремального метода решения обратных задач [2]. Схематично процедура поиска коэффициентов изображена на рис. 1.

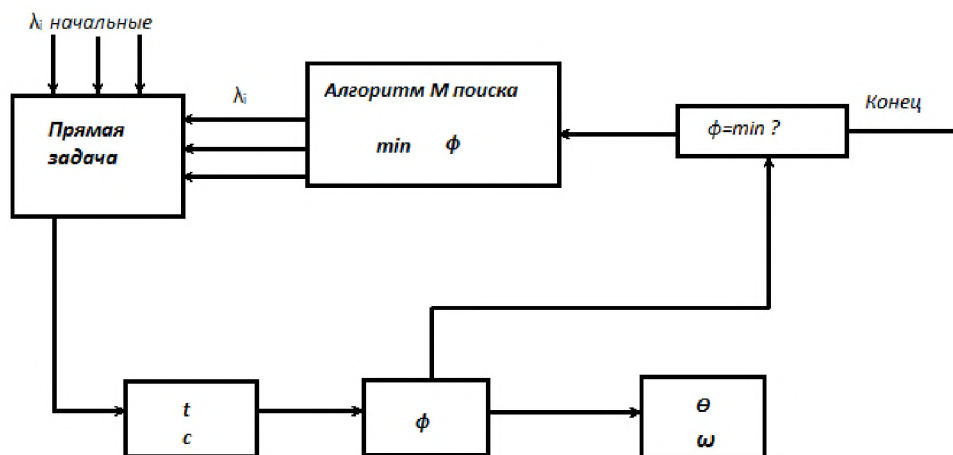


Рис. 1. Процедура поиска коэффициентов

На первом этапе значения всех коэффициентов (назовем их условно λ_i) выбираются приближенно на основе известных лабораторных данных. Затем решается прямая задача в соответствии с (1) и (2) при условиях (3) и (4). Полученные результаты $t(r, z)$ и $c(r, z)$ для точек, соответствующих координатам размещения термодатчиков и концов газоотводных трубок, направляются в блок Φ . В этот же блок посылаются результаты экспериментальных данных, соответственно, θ и ω и производится с заданной степенью точности (например, 20%) оценка $t - \theta$ и $c - \omega$. Если заданная степень точности удовлетворительна, то дальнейший поиск прекращается. В противном случае определяется величина

$$\varphi = \int_{\tau} \int_{s} [(t - \theta)^2 + (c - \omega)^2] d\tau ds.$$

В результате поиска определяются новые λ_i и процесс повторяется до удовлетворения заданной степени точности. Данный метод может оказаться приемлемым для поиска физических констант во многих других задачах горного дела.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фрейдман С.Л. Самовозгорание угольного скопления в выработанном пространстве выемочного участка. – ФТПРПИ, 1982, № 4, с. 91-96.
2. Зельдович Я.Б. Теория горения и детонации газов. - М.-Л., 1944.
3. Балтайтис В.Я., Маркович Ю.М. Метод определения некоторых параметров подземного пожара по составу пожарных газов. «Горный журнал». Известия вузов, №9, с.46-51,1967.

УДК 614.84

Н. Ш. Лебедева, Н. А. Таратанов, Е. В. Баринава, И. А. Богданов
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КРЕМНЕЗЕМОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗОМ

Работа посвящена исследованию частиц аморфного кремнезема полученных золь-гель синтезом и золь-гель синтезом с эндо-темплатом фруктозой.

Ключевые слова: нефтесорбент, метод Штобера, кремнезем, наночастицы.

N. Sh. Lebedeva, N. A. Taratanov, E. V. Barinova

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF SILICAS OBTAINED BY SOL-GEL SYNTHESIS

The work is devoted to the study of amorphous silica particles obtained by sol gel synthesis and sol-gel synthesis with endo-template fructose.

Keywords: oil sorbent, Shtobera method, silica, nanoparticles.

Согласно статистическим данным в настоящее время известно более 10 млн. химических веществ (по некоторым оценкам около 15 млн.), из которых 53500 представляют потенциальную опасность для человека, флоры и фауны. Среди множества химических веществ выделяют те, которые производятся в крупных масштабах (более 1000 кг/год) и которые представляют особую опасность для различных экосистем. Эту группу веществ называют приоритетными загрязняющими веществами окружающей природной среды [1].

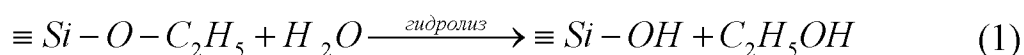
Странами ООН, участвующими в мероприятиях по улучшению и охране окружающей среды, согласован общий перечень наиболее важных (приоритетных) веществ, загрязняющих биосферу. К их числу относят соединения тяжелых металлов, пестициды, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), хлорорганические соединения (ХОС), фенолы, детергенты, нитраты и нефтепродукты.

Без нефтяных углеводородных соединений современную жизнь представить себе практически невозможно. В мировом энергобалансе доля нефти составляет 40 %, угля - 27 %, природного газа - 23%, ядерного топлива - 7.5 % и гидроэнергии - 2.5 %. Это топливо, освещение, транспорт, но это и аварийные разливы, загубленные пляжи, уничтоженные птицы и животные. Проблема загрязнения морских сред не теряет своей актуальности на протяжении многих лет, даже, несмотря на энергетические и экономические кризисы. Пока будет осуществляться транспортировка нефти по морю и подводным путепроводам, пока будет проводиться разработка морских нефтегазовых месторождений, аварии и техногенные катастрофы различных масштабов неизбежны.

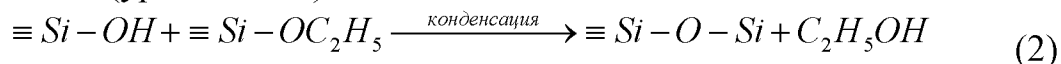
На протяжении нескольких лет и по сегодняшний день в ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС ведутся активные разработки новых средств пожаротушения и сорбции продуктов нефтеразливов с водных поверхностей. Так результатом непрерывных исследований, в 2013 году был разработан состав обеспечивающий тушение пожара и сорбцию нефтепродуктов на основе наноразмерного диоксида кремния полученного методом Штобера [2] и получен патент на изобретение.

В работе исследовались два типа кремнеземов, полученных золь-гель синтезом (кремнезем 1) и золь-гель синтезом с эндо-темплатом фруктозой (кремнезем 2).

Для получения кремнезема золь-гель синтезом был использован метод Штобера. Процесс получения частиц начинается с гидролиза прекурсора, в нашем случае тетраэтоксисилана, приводящему к образованию силанольных групп (Si-OH) и спирта (уравнение 1):



В результате последующей поликонденсации продуктов гидролиза между собой и с негидролизированным этоксисиланом образуются силоксаны (-Si-O-Si-) и выделяется этанол (уравнение 2):



В процессе формирования частиц за счет большого количества силоксановых мостиков в реакционной среде, образуя в растворе сначала золь, а затем гель, в котором молекулы растворителя заключены в гибкую, но достаточно устойчивую трехмерную сетку, образованную частицами диоксида кремния. Многочисленные экспериментальные данные показывают, что свойства синтезированных частиц по методу Штобера зависят от используемого катализатора, температуры и других условий протекания процесса.

Далее был получен другой тип кремнеземов золь-гель синтезом с эндо-темплатом, за счет модификации поверхности кремнезема, в частности использования органических молекул (фруктозы) для организации вокруг них структуры из неорганического каркаса. Впоследствии темплат удалялся из кремнезема, экстракцией темплата дистиллированной водой в аппарате Сокслета.

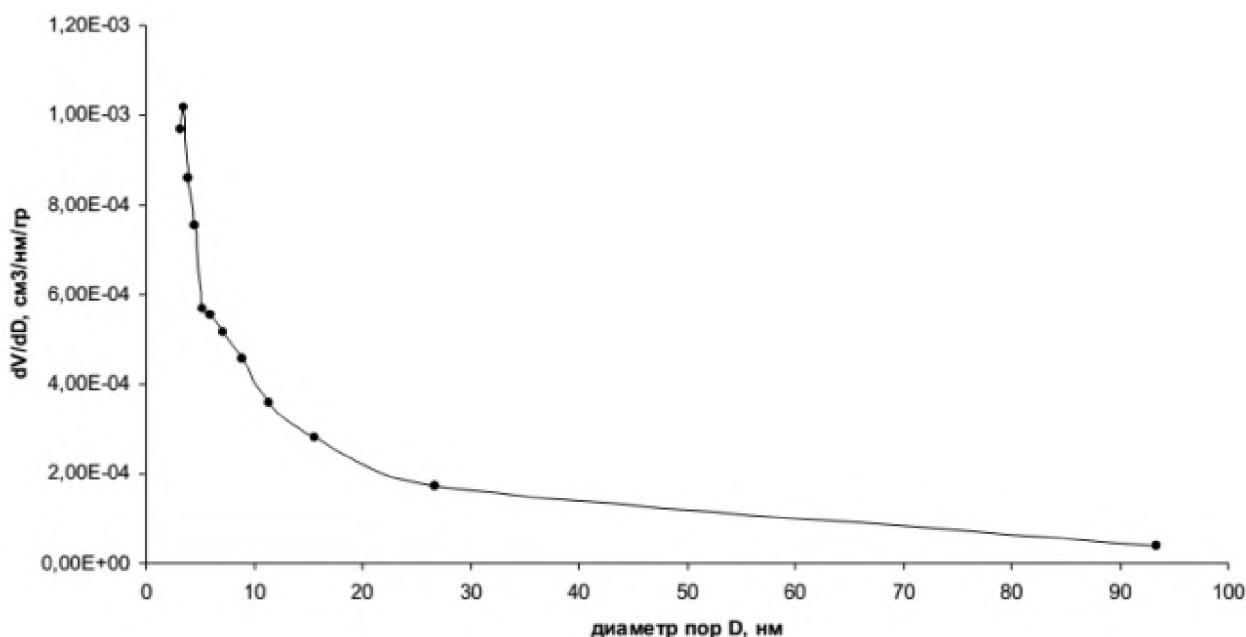
В связи с тем, что свойства аморфного дисперсного кремнезема, как адсорбента, определяются, помимо пористой структуры, химической активностью поверхности, которая в свою очередь зависит от концентрации ОН-групп и присутствия силоксановых SiOSi-мостиков, на первом этапе работы оценивались характеристики поверхности синтезированных кремнеземов.

Измерения площади и объема пор образцов кремнезема проводили методом низкотемпературной адсорбции азота. Метод основан на измерении изотерм адсорбции-десорбции азота при температуре жидкого азота.

По классификации ИЮПАК [3] полученные экспериментальные кривые относятся к изотермам адсорбции Типа II. Подобный тип изотерм характерен для непористых или макропористых адсорбентов. Полученные значения общего объема пор: $0,017 \text{ см}^3/\text{гр}$ и $0,0134 \text{ см}^3/\text{г}$ для кремнеземов, полученных без темплата (далее кремнезем 1) и с темпломатом (далее кремнезем 2), соответственно, позволяют заключить, что исследуемые материалы являются непористыми. Удельная поверхность исследуемых образцов, определенная по методу Брунауэра-Эмметта-Теллера также небольшая, составляет $10,403 \text{ м}^2/\text{г}$ и $8,365 \text{ м}^2/\text{г}$ для кремнезема 1 и 2, соответственно. Таким образом, введение темплата не привело к увеличению удельной поверхности или изменению пористости материала.

Однако, следует отметить очевидные изменения в изотермах (рис.1): 1) изменение положения точки «В» и 2) для кремнезема 2 регистрируется гистерезис. Точка В, начало почти линейной средней части изотермы, имеет координаты $(0,096; 2,63)$ и $(0,09; 2,084)$ для кремнезема 1 и 2, соответственно. Считается, что в точке «В» происходит заполнение монослоя. Как отмечалось выше, для кремнезема, полученного с помощью эндотемплата регистрируется петля гистерезиса, расположенная почти параллельно оси x в широком диапазоне относительных давлений p/p° . Хотя влияние различных факторов на гистерезис до конца не изучен, формы петли гистерезиса были идентифицированы с конкретными пористыми структурами [3]. В частности данный тип петли, обозначается как Н4 связан с наличием узких щелевидных пор.

Для исследуемых образцов были вычислены распределения объема пор по размерам (рис. 1).



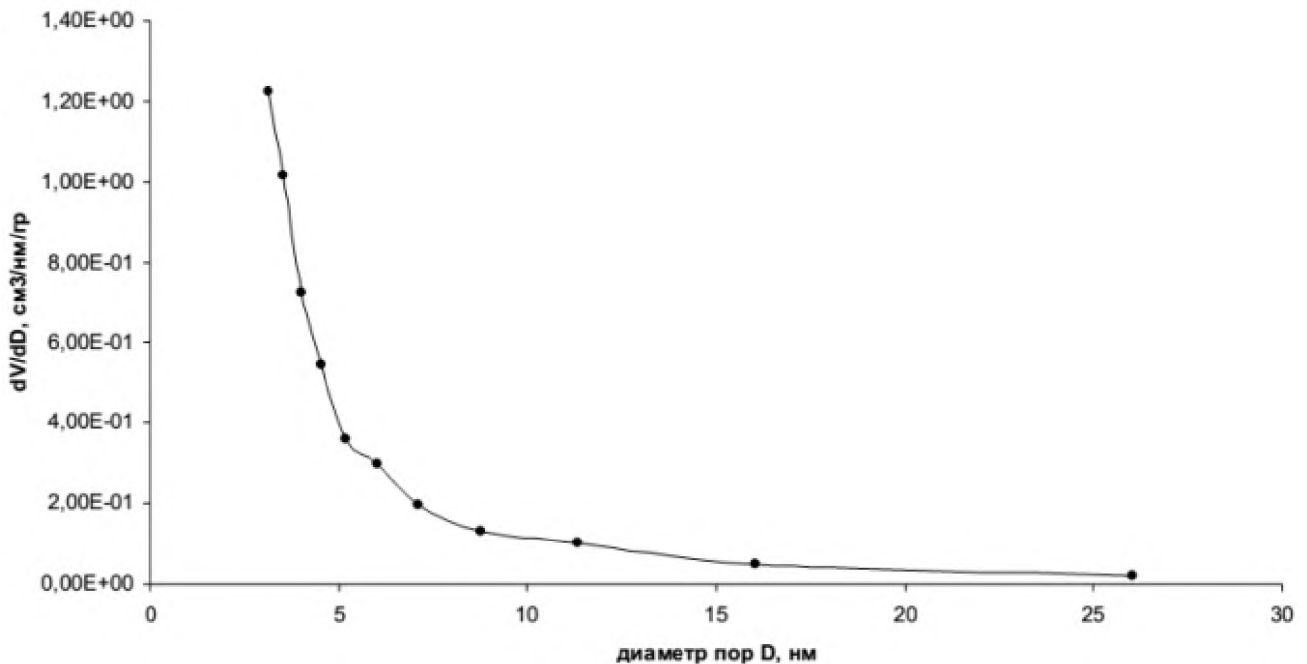


Рис. 1. Распределение объема пор по размерам для
а) кремнеземов 1; б) кремнеземов 2

То небольшое количество пор, имеющееся в синтезированных кремнеземах, характеризуется сравнительно узким распределением пор по размеру (рис. 1), в основном это поры с диаметром 3,15-3,17 нм и их доля в суммарном объеме пор составляет порядка 82%. Отсутствие ощутимого влияния на текстурные характеристики кремнеземов, полученных без и с эндотемплатом оказалось довольно неожиданно. В связи с чем, было выдвинуто предположение о неполном удалении темплата с помощью экстракции.

Для проверки данного предположения был проведен тандемный термо-масс-спектральный анализ кремнезема 2. Контроль газовой фазы осуществлялся непосредственно в термическом анализаторе при помощи подключенного к нему масс-спектрометра OMNISTAR GSD 320. В качестве реперного был взят масс-спектр фруктозы под действием электронной ионизации (по данным библиотеки спектров Национального института стандартов и технологий США (NIST)) представлен на рис. 2.

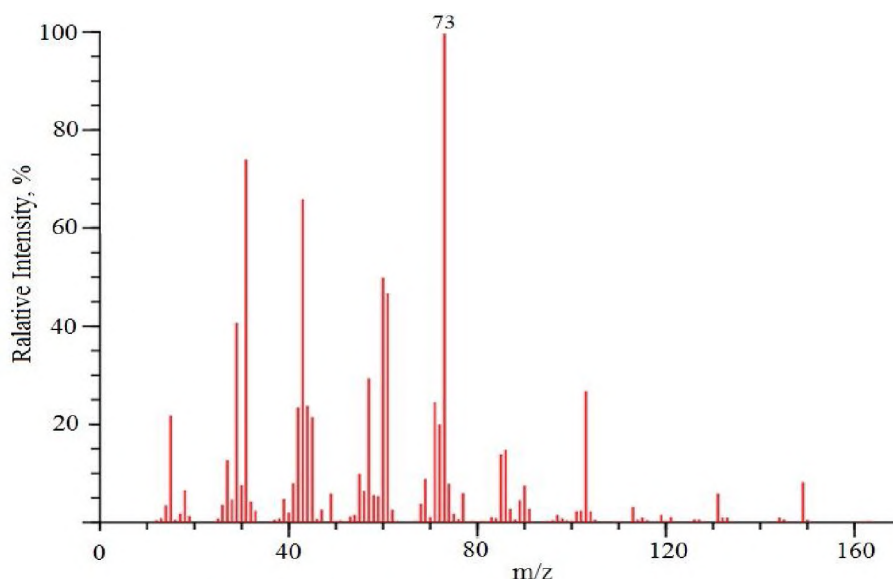


Рис. 2. Масс-спектр фруктозы [4]

В качестве характеристичной была взята за основу наиболее интенсивная линия массы 73 m/z, которая мониторилась в течение всего термохимического анализа кремнезема 2. На рис.3 представлены полученные данные.

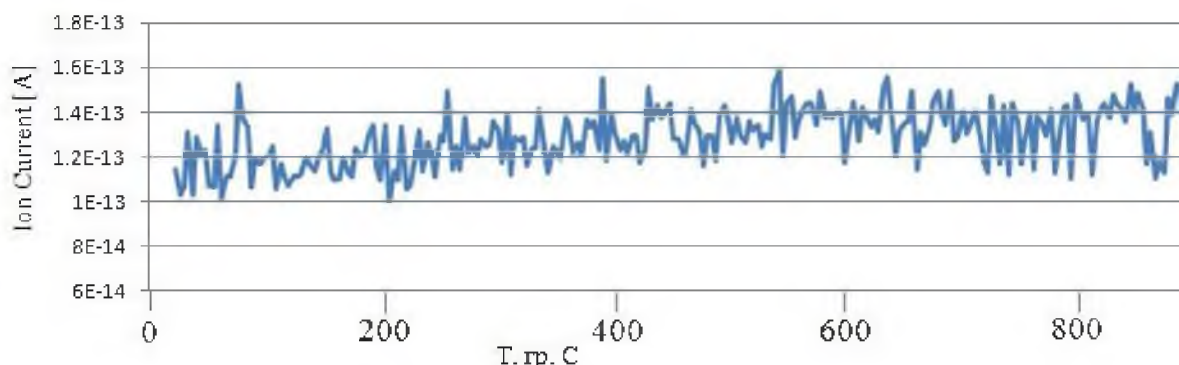


Рис. 3. Сигнал 73 линии при различных температурах.

Анализируя данные (рис.3) можно сказать, что выделения фруктозы из образца не происходит, так как ионный ток для массы 73 остается на уровне фонового ионного тока (рис. 3). Таким образом, экстракция темплата осуществлена достаточно полно, возможно, эндотемплатный синтез в большей степени скажется на степень гидрофильности и заряде поверхности частиц.

Хорошо известно, что на поверхности кремнезёмов могут существовать различные группы, это: поверхностные свободные одиночные (изолированные) силанолы $\equiv\text{SiOH}$ поверхностные свободные геминальные (изолированные) группы или силанодиолы $=\text{Si}(\text{OH})_2$, вицинальные мостиковые силанолы, т.е. связанные между собой водородной связью поверхностные одиночные силанолы, силоксановые мостики $\equiv\text{Si-O-Si}\equiv$, а также внутренние силанолы, располо-

женные в внутри частиц кремнезема или в ультрамикropорах SiO₂ [5]. Образцы кремнеземов 1 и 2 были проанализированы термохимически. Очевидно, что низкотемпературный этап (до 200 °С) связан с удалением адсорбированной воды, которой в процентном содержании больше в кремнеземе 2.

Следующий, более высокотемпературный этап, сопровождается экзоэффектом на кривой ДТА. Регистрируемые изменения позволяют заключить, что на данном этапе происходит удаление воды, образованной за счет конденсации соседних гидроксогрупп, т.е. происходит дегидроксилирование. Данный вывод согласуется с общепринятыми взглядами [5-9] Учитывая литературные сведения [5-9] о том, что при достижении 1000 °С свободных силанолов практически не остается, а также полученные данные об удельной поверхности частиц (таблица 1), и весовому процентному содержанию воды (таблица 2), можно вычислить концентрацию гидроксильных групп в исследуемых образцах.

Содержание гидроксильных групп определяли из термохимических данных, в соответствии с рекомендациями [10] n_{H_2O} и n_{OH} проводился по формуле:

$$n_{OH} = 2n_{H_2O} = \frac{2(W_{T_1} - W_{T_2})}{100 * M_{H_2O}},$$

где $(W_{T_1} - W_{T_2})$ процент убыли массы, для определения физически адсорбированной воды $T_1=20$ °С, $T_2=200$ °С, при вычислении содержания гидроксильных групп $T_1=200$ °С, $T_2=1000$ °С. M_{H_2O} - молекулярная масса воды.

По результатам всех исследований можно сказать, что все синтезированные частицы кремнеземов имеют сферическую форму, введение темплата не приводит к увеличению удельной поверхности или изменению пористости материала, но изменяет степень гидрофобности поверхности. Однако присутствуют очевидные изменения в изотермах синтезируемых кремнеземов связанных с наличием узких щелевидных пор на поверхности кремнезема полученного эндо-темплатным синтезом, а размер этих пор составляет 3,15-3,17 нм. Содержание гидроксильных групп на 1 г кремнезема больше в случае кремнезема, синтезированного по эндотемплатной технологии. Так же кремнезем, полученный с помощью эндо-темплатного синтеза, характеризуется большим размером частиц кремнезема в воде и более отрицательно заряженной поверхностью с большей нейтрализацией поверхностного заряда, по сравнению с кремнеземом без эндотемплата.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 15-43-03082 р_центр_а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Меньшиков В.В.* Опасные химические объекты и техногенный риск Швыряев А.А.. - М.: Изд-во Химич. фак. Моск. Ун-та, 2003.
2. *Stober, W.* Controlled Growth of Monodisperse Silica Spheres in Micron Size Range / W.Stober, A.Fink, E.Bohn // *Colloid Interface Sci.* 1968. №26. С. 62-69.
3. *Beck J.S., Vartuli J.C., Kennedy G.J., Kresge C.T., Roth W.J., Schramm S.E.* Molecular or supramolecular templating: defining the role of surfactant chemistry in the formation of microporous and mesoporous molecular sieves // *Chemistry of Materials.* – 1994. V. 6. pp. 1816-1821.
4. IUPAC Manuel of Symbols and terminology // *Pure & Appl. Chem.* 1985. Vol.57. pp. 603-619.
5. Интернет-ресурс: NIST Chemistry WebBook URL-ссылка <http://webbook.nist.gov/chemistry/>
6. *Zhuravlev L.T.* The surface chemistry of amorphous silica. Zhuravlev model // *Colloids and surfaces. A: Physicochemical and Engineering Aspects.* 2000. V.173. P.1-38.
7. *Журавлев Л.Т., Потанов В.В.* Плотность силанольных групп на поверхности кремнезема, осажденного из гидротермального раствора // *Физическая химия поверхностных явлений.* 2006. Т. 80, № 7 с. 1272-1282.
8. *Лусичкин Г.В., Фадеев А.Ю.* Химия привитых поверхностных соединений. Москва, ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 592 с.
9. *Dorcheh A. S., Abbasi M. H.* Silica aerogel; synthesis, properties and characterization // *Journal of Materials Processing Technology.* 2008. V. 199, No 1-3. P. 10-26.
10. *Ek S., Root A., M. Peussa et al.* Determination of the hydroxyl group content in silica by thermogravimetry and a comparison with ¹H MAS NMR results // *Thermochimica Acta.* 2001.Vol. 379. P. 201-212.

УДК 614.847:006.354

А. А. Мифтахутдинова

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

ДИСПЕРГИРОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ В СИСТЕМЕ ЛВЖ С ЦЕЛЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Нанодисперсия стала темой обсуждения в различных областях, таких как производство электроэнергии, оборонной, ядерной, космической, биомедицинской техники и микроэлектронике. За последнее десятилетие были сделаны многочисленные исследования по развитию синтеза и стабильности таких материалов. В работе представлены методы получения стабильных нанонаножидкостей, а также результаты исследований электростатической стабилизации.

Ключевые слова: легковоспламеняющиеся жидкости, суспензия, многослойные углеродные нанотрубки, легковоспламеняющиеся жидкости, наножидкость, диспергирование, стабильность.

A. A. Miftakhutdinova

DISPERSING NANOPARTICLES IN THE SYSTEM OF ELECTRICITY TO PROVIDE THE FIRE SAFETY OF OIL PRODUCTS

Nanodispersion has become a topic of discussion in various fields, such as power generation, defense, nuclear, space, biomedical engineering and microelectronics. Over the past decade, numerous studies have been done to develop the synthesis and stability of such materials. In this paper, we present methods for obtaining stable nanofluids, as well as the results of investigations of electrostatic stabilization.

Keywords: flammable liquids, suspension, multilayered carbon nanotubes, flammable liquids, nanofluid, dispersion, stability.

Пожарная опасность процессов транспортировки, хранения и обращения в технологических процессах легковоспламеняющихся и горючих жидкостей очень велика. Одной из проблем на сегодняшний день является обеспечение пожарной безопасности таких процессов.

Разработка и внедрение наноматериалов и технологий в производство и промышленность относят к «ключевым» аспектам обеспечения безопасности. Одним из приоритетных направлений является использование и разработка методов данных исследований для обеспечения пожарной безопасности веществ и материалов. Благодаря хорошим механическим характеристикам углеродные наноматериалы находят свое применение во многих технологических процессах и производствах. Один из распространенных подходов к улучшению состояния электростатической безопасности является применение таких присадок как углеродные нанотрубки, что обусловлено их уникальными характеристиками.

Размеры наночастиц разнятся на два порядка. Поэтому, по крайней мере, наножидкости с достаточно малыми дисперсными частицами должны проявлять свойства скорее близкие молекулярным растворам, нежели дисперсным жидкостям. С другой стороны, свойства наножидкостей с крупными частицами должны быть близки свойствам обычных дисперсных жидкостей. Важнейшей проблемой при создании НЖ является их надежная стабилизация. Однако наночастицы могут быть стабилизированы и уменьшить эрозию и засорения. Таким образом, наножидкости привлекли большой интерес со стороны научного сообщества из-за их потенциальных выгод в таких областях, как микроэлектроника, транспортировка, хранение.

Наножидкости изготавливаются путем стабилизации наночастиц. Диспергирование наночастиц в жидкостях является неотъемлемым требованием к их изучению. Применение суспензий с такими улучшенными свойствами зависит от их стабильности и приготовления.

Свои улучшенные потенциальные свойства теплопередачи наножидкости могут потерять из-за склонности к коагуляции. Таким образом, исследование на устойчивость является неизбежной проблемой, которая может изменить теплофизические и электрофизические свойства наножидкости, а также важные для анализа факторы влияния на стабильность таких суспензий [5].

Одним из современных способов диспергирования наночастиц является добавление поверхностно-активных веществ [4]. Но этот метод не применяется при обращении наножидкостей в условиях высоких температур [2].

Стабильность обычно затруднена агрегацией частиц. Агрегирование обусловлено суммой сил притяжения и отталкивания между частицами. При преобладании сил притяжения более отталкивающих наблюдается совокупность частиц в кластерах. Следовательно, усиление сил отталкивания может предотвратить агрегацию частиц и обеспечить стабильность. Усиление достигается с помощью двух механизмов: электростатической стабилизации и стерической стабилизации [3].

Электропроводность жидкости является важным показателем в развитии энергоэффективного оборудования, были проведены многочисленные теоретические и экспериментальные исследования наномодифицированных суспензий. Основные проблемы их применения это стремительное оседание частиц, засорение проточных каналов, и увеличение перепада давления в жидкости. Однако наночастицы могут оставаться во взвешенном состоянии из-за их высокого соотношения площади поверхности к объему и тем самым уменьшить эрозию и засорения.

Свойства наножидкостей с многослойными углеродными нанотрубками (далее – МУНТ) изучены в расширенном диапазоне. Суспензии стабильны с содержанием МУНТ до 2% об. Усиление было сделано с помощью электростатического механизма. Наличие электрического заряда на поверхности частиц является основным источником кинетической стабильности. Электростатическая стабилизация происходит за счет адсорбции ионов на электрофильной металлической поверхности (рис. 1). Адсорбция создает электрический двойной слой, что приводит к ниобиевой силе отталкивания между нанокластерами. Электростатическая стабилизация является методом ограниченного использования.

Наличие электрического заряда на поверхности частиц является основным источником кинетической стабильности. Электростатическая стабилизация происходит за счет адсорбции ионов к поверхности. Адсорбция создает электрический двойной / много - слой, что приводит к ниобиевой силе отталкивания между нанокластерами. Однако электростатическая стабилизация является методом рН и ограниченного использования.

Стерическая стабилизация достигается путем присоединения (хемосорбции) макромолекулы на поверхности частиц, такими выступают полимеры или поверхностно - активных веществ. Стабилизация образуется из-за больших адсорбентов, которые обеспечивают стерический барьер для частиц, находящихся близко друг к другу (рис. 2). Например, стабильность графита в наножидкостях

обусловлена защитной роли PVP - он предотвращает слипание наночастиц вследствие стерического эффекта [1].

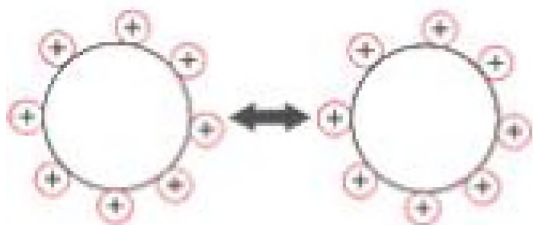


Рис. 1. Электростатически стабильные наночастицы

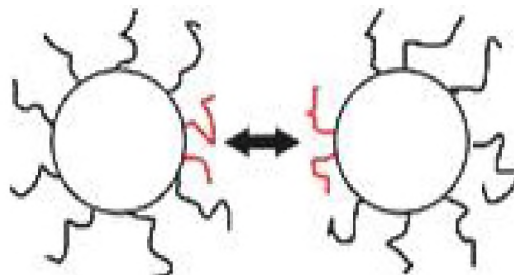


Рис. 2. Стерически стабильные наночастицы

Состав и содержание растворенных примесей в базовых жидкостях оказывает огромное влияние на электропроводность наножидкости, следовательно, при оценке электропроводности суспензий важно ориентироваться на параметры значений примесей (технология, способ и степень очистки, способ получения). В работе использовались МУНТ, полученные методом каталитического пиролиза, полученные на установке CVDomna. Функционализация МУНТ проводилась в процессе отжига в муфельной печи при температуре 250...300 °С и последующем окислении в азотной кислоте. Для контрольных измерений выбраны нефункционализированные МУНТ со следами аморфного углерода. В качестве базовой жидкости применялся этиловый спирт.

Диспергирование МУНТ в среде этанола осуществляло в ультразвуковой ванне с частотой 100 кГц в условиях воздействия переменного частотно-модулированного потенциала (ПЧМП).

Измерение электропроводности НЖ (концентрация МУНТ 0,02 – 1,6 % об.) проводилось с помощью моста постоянного тока. Из проведенных наблюдений можно сделать вывод об увеличении электропроводности НЖ на основе МУНТ до 2,5 раз для функционализированных УНТ и до 1,8 раз для нефункционализированных МУНТ.

Результаты экспериментального исследования отражают существенное возникновение порога перколяции электропроводности НЖ с концентрацией МУНТ от 1% об. до 2 % об.. Порог перколяции – это, в данном исследовании, область значений концентраций МУНТ, при которой в зависимости от качественных показателей наблюдается значительное изменение электрической проводимости в системе НЖ.

Электропроводность в неполярных жидкостях определяется примесями, так как диссоциация собственных молекул очень мала. Анализ опытов показал, что с увеличением концентрации углеродных нанотрубок электропроводность увеличилась в несколько раз. Также повышению электропроводности способ-

ствовала функционализация посредством обработки различными химическими реагентами. Результаты экспериментальных данных показали нелинейное увеличение электрической проводимости.

Способность наночастиц оказывать влияние на состояние электростатической безопасности веществ имеет огромное значение, так как открывает возможность безопасного хранения, транспортировки и применения легковоспламеняющихся жидкостей [7].

Также, в ходе выполнения работы было проведено исследование влияния наноразмерных компонентов на изменения поверхностного натяжения спиртов методом отрыва капель в условиях воздействия ПЧМП с параметрами потенциала 112 В, несущей частотой 50 Гц. Результаты измерений отражают, что частицы МУНТ адсорбируются на поверхности жидкостей могут. Между поверхностным слоем растворителя и внутренним его объёмом адсорбция сопровождается процесс растворения, влияя на распределение частичек растворённого вещества.

Можно отметить рост времени истечения НЖ с увеличением концентрации МУНТ. Воздействие ПЧМП позволяет снизить время истечения для нефункционализированных МУНТ. При этом время истечения НЖ на основе функционализированных МУНТ при воздействии ПЧМП существенно увеличивается, что может быть обусловлено ростом значения вязкости базовой жидкости.

При исследовании влияния МУНТ на время испарения этанола с открытой поверхности проводилась модификация НЖ в условиях воздействия ПЧМП. Наблюдения проводились в течение 24 часов. Модификация НЖ МУНТ проводилась в течение 30 мин. до начала эксперимента при воздействии ПЧМП.

Результаты наблюдений отражают сокращение количества испарившейся жидкости в сравнении с контрольными образцами. При воздействии ПЧМП в большинстве случаев наблюдается сокращение количества испарившейся жидкости.

Таким образом, проведенные исследования свойств НЖ в условиях воздействия ПЧМП позволяют сделать следующие выводы:

1. МУНТ оказывают влияние на электрофизические и пожароопасные свойства жидкости, а именно повышают электропроводность и вязкость, снижают скорость испарения и величину давление насыщенного пара, что ограничивает возможность образования горючей среды и вероятного источника зажигания – искровых разрядов статического электричества.

2. Механизм управления свойствами НЖ зависит от физических свойств жидкости и наночастиц, а также параметров внешнего воздействия.

3. Применение ПЧМП позволяет управлять пожароопасными свойствами НЖ без использования дополнительных реагентов, как правило, меняющих качественный состав базовой жидкости, что особенно важно в технологиях синтеза материалов с различными функциональными свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. H. Zhu, C. Zhang, Y. Tang, J. Wang, B. Ren, and Y. Yin Preparation and thermal conductivity of suspensions of graphite nanoparticles, *Carbon*, vol. 45, no. 1, pp. 226–228, 2007.
2. X.F. Li, D.S. Zhu, X.J. Wang, N. Wang, J.W. Gao, H. Li Thermal conductivity enhancement dependent pH and chemical surfactant for Cu-H₂O nanofluids, *Thermochim. Acta* 469 (1-2), pp. 98-103, 2008.
3. M.N. Pantzali, A.A. Mouza, S.V. Paras Investigating the efficiency of nanofluids as coolants in plate heat exchangers (PHE), *Chem. Eng. Sci.* 64 (14), pp.3290-3300, 2009.
4. M. Chandrasekar, S. Suresh, A. Chandra Bose Experimental investigations and theoretical determination of thermal conductivity and viscosity of Al₂O₃/water nanofluid, *Exp. Therm. Fluid Sci.* 34 (2), pp.210 -216, 2010.
5. I. Madni, C.-Y. Hwang, S.-D. Park, Y.-H. Choa, H.-T. Kim Mixed surfactant system for stable suspension of multiwalled carbon nanotubes, *Colloids Surface A: Physicochem. Eng. Aspects* 358 (1-3), pp.101-107, 2010.
6. I. Madni, C.-Y. Hwang, S.-D. Park, Y.-H. Choa, H.-T. Kim Mixed surfactant system for stable suspension of multiwalled carbon nanotubes, *Colloids Surface A: Physicochem. Eng. Aspects* 358 (1-3), pp.101-107, 2010.
7. M. Chandrasekar, S. Suresh, A. Chandra Bose —Experimental investigations and theoretical determination of thermal conductivity and viscosity of Al₂O₃/water nanofluid, *Exp. Therm. Fluid Sci.* 34 (2), pp.210 -216, 2010.

УДК (047.3):614.841.332:620.1976

Ю. В. Наумов, В. В. Булгаков, М. А. Булгакова
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ СОСТАВОВ, НАНЕСЕННЫХ НА ОБЪЕКТАХ ЗАЩИТЫ

Рассмотрен методический подход к оценке состояния огнезащиты, нанесенной на защищаемые конструкции и материалы, связанный с возможностью применения методов, используемых при сертификации огнезащитных составов. Изложены основные положения методики контроля состояния огнезащиты, разработанной на основе данного подхода.

Ключевые слова: огнезащитное покрытие, контроль огнезащитных свойств, метод проверки состояния огнезащиты.

Yu. V. Naumov, V. V. Bulgakov, M. A. Bulgakova

THE MAIN RESULTS OF RESEARCHES IN DEVELOPMENT OF THE CONTROL METHODS FOR FIREPROOF PROPERTIES OF THE COMPOUNDS APPLIED ON OBJECTS OF PROTECTION

There is considered methodological approach to the assessment of the state of fire protection applied on the protected structures and materials. This approach allows to apply methods used at the certification of fireproof structures. Basic provisions of the control technique of fire protection conditions developed on the base of this approach are stated.

Keywords: fire protective covering, control of fire protective properties, test method of the state of fire protection.

В настоящее время огнезащита обоснованно рассматривается в качестве одного из основных способов противопожарной защиты строительных материалов и конструкций. Это связано с относительно низкой трудоемкостью огнезащитных работ, с тем, что этот способ является практически универсальным и может быть использован для защиты самых разных объектов, эффективностью создаваемой защиты. Эффективность защиты определяется огнезащитной эффективностью состава, которая устанавливается в результате процедуры оценки соответствия требованиям пожарной безопасности (в форме обязательной сертификации) [1]. Однако результаты сертификации отражают лишь потенциальную возможность выполнения предъявляемых к защищаемому объекту требований. Достичь фактического соответствия огнезащищенной конструкции или материала требованиям пожарной безопасности возможно лишь при соблюдении технологии нанесения состава, условий эксплуатации покрытия и учета влияния этих условий на его свойства. Это предполагает проведение контроля качества огнезащитных работ и состояния огнезащиты в процессе эксплуатации. Однако отсутствие должной методической поддержки существенно ограничивает возможность решения указанной задачи. Это наиболее заметно в отношении составов, предназначенных для защиты металлических конструкций и электрических кабелей. Оценка состояния выполненных на их основе покрытий проводится только путем внешнего осмотра и контроля толщины нанесенного слоя. Результаты такого контроля не могут полностью гарантировать сохранения огнезащитных свойств покрытия.

Для оценки огнезащитных свойств покрытия в процессе его эксплуатации наиболее обоснованным является подход, предусматривающий использование при проведении контроля тех же методов испытаний, что и при его сертификации. Проблемой, препятствующей реализации данного подхода, является отбор образцов от находящихся в эксплуатации огнезащищенных конструкций и материалов. Вариантом ее решения может служить разработка методов, предусматривающих контроль состояния огнезащищенных материалов и конструкций путем размещения на объектах, где они расположены, образцов защищающего их покрытия, с периодической оценкой изменения его огнезащитных

свойств. Данный способ контроля в виде технического решения изложен в патенте [2]. Разработка методики контроля имела целью обеспечить практическое использование данного способа.

Методика предусматривает контроль огнезащитных свойств покрытий, предназначенных для защиты древесины и материалов на ее основе, а также металлических конструкций. В качестве методов контроля (с внесением необходимых изменений) приняты:

для контроля огнезащитной эффективности составов, нанесенных на материалы и конструкции из древесины - метод определения огнезащитной эффективности, изложенный в п.6.2 стандарта [3];

для контроля огнезащитных свойств составов, нанесенных на металлические конструкции – метод, изложенный в методике [4].

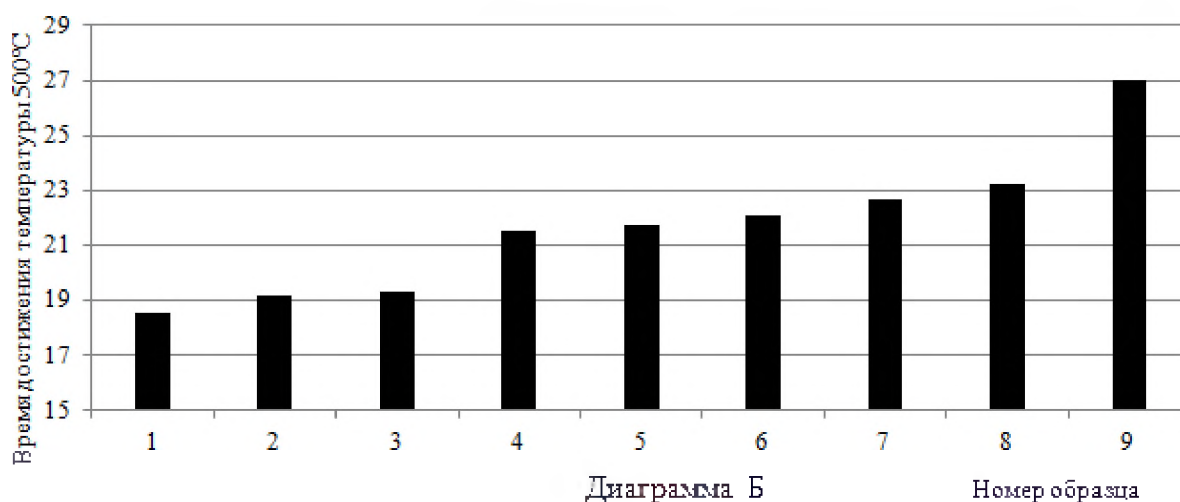
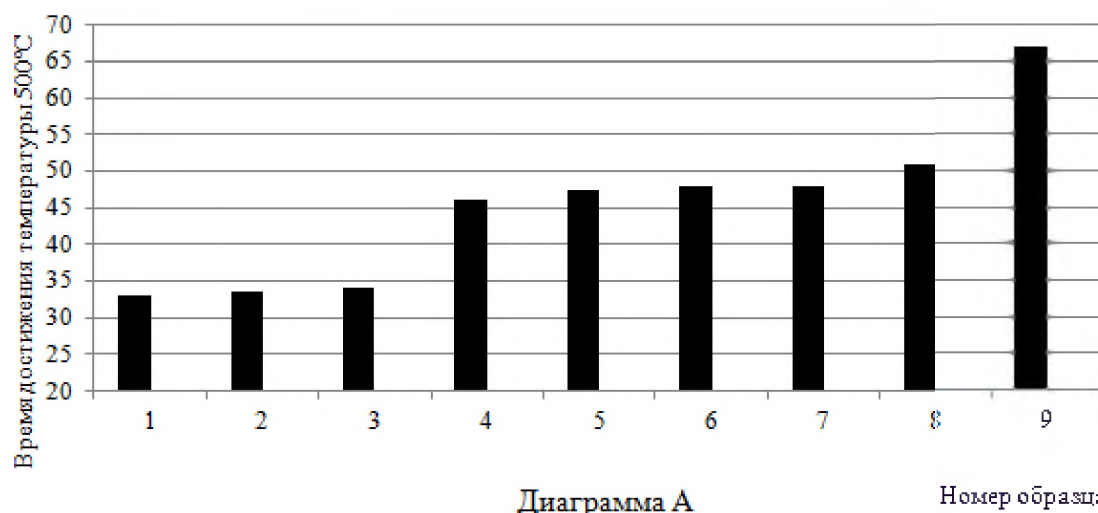
Для контроля состояния огнезащитной обработки материалов и конструкций из древесины используются образцы, представляющие собой деревянные бруски размером 150х60х30 мм, со всех сторон обработанные огнезащитным составом. Контроль состояния огнезащитных покрытий, нанесенных на металлические конструкции, проводится на образцах, представляющих собой металлические пластины размером 140х80х(0,8-1,0) мм с односторонним нанесением огнезащиты.

Методика [4] предусматривает испытание образцов покрытия по тепловому режиму «стандартного («целлюлозного») пожара». Однако размер и форма образцов, вид источника теплового воздействия, условия теплообмена, реализуемые в установке, используемой для проведения испытаний по данному методу и методу, используемому при проведении сертификационных испытаний, различны. Для оценки корреляции между результатами испытаний по указанным методам были проведены испытания ряда огнезащитных покрытий на установке по определению теплоизолирующих свойств огнезащитных покрытий для металлических конструкций, используемой в методике [4], с сопоставлением полученных результатов с результатами сертификационных испытаний данных покрытий.

Выбранным в качестве объектов исследования огнезащитным составам были присвоены порядковые номера:

- 1 и 2 – составам на водно-дисперсионной основе;
- с 3 по 5 – составам на органическом растворителе;
- 6 – составу на неорганическом связующем.

Нанесение огнезащитных составов на пластины осуществлялось в соответствии с требованиями, изложенными в технической документации изготовителя, с расходом, соответствующим указанному в сертификате на испытание, выполненное на двутавре с приведенной толщиной металла, составляющей 3,4 мм. Сравнительные данные по результатам сертификационных испытаний и испытаний по методике [4] графически проиллюстрированы на рисунке.



- | | |
|---|---|
| 1 - покрытие 5, сред. толщина 0,6 мм и 0,6 мм | 2 - покрытие 4, сред. толщина 0,65 мм и 0,7 мм |
| 3 - покрытие 2, сред. толщина 0,6 мм и 0,64 мм | 4 - покрытие 3, сред. толщина 1,69 мм и 1,69 мм |
| 5 - покрытие 5, сред. толщина 0,84 мм и 0,84 мм | 6 - покрытие 2, сред. толщина 0,9 мм и 0,93 мм |
| 7 - покрытие 4, сред. толщина 1,05 мм и 1,01 мм | 8 - покрытие 1, сред. толщина 1,11 мм и 1,0 мм |
| 9 - покрытие 6, сред. толщина 9,16 мм и 9,13 мм | |

Рисунок. Сопоставление результатов сертификационных испытаний (диаграмма А) с испытаниями, полученными на установке по определению теплоизолирующих свойств огнезащитных покрытий по металлу (диаграмма Б)

Из представленных данных следует, что приведенной последовательности составов соответствует рост значений времени достижения критической температуры, полученный в результате проведения сертификационных испытаний и испытаний по методике [4], в соотношении, близком к пропорциональному, что является подтверждением численного соответствия результатов испытаний, полученных по этим методам.

Образцы для проведения испытаний подготавливают одновременно с выполнением работ по нанесению огнезащитного состава на конструкции. Количество образцов рассчитывается, исходя из числа периодических испытаний и количества образцов в одном периодическом испытании. При определении общей продолжительности и периодичности проведения испытаний учитываются срок службы покрытия и условия эксплуатации защищаемых конструкций.

Разработанная методика позволяет количественно оценить значения показателей, характеризующих огнезащитную эффективность, что, в свою очередь, даёт возможность проследить динамику их изменения в процессе эксплуатации покрытия, определить остаточный «ресурс огнезащиты» и спрогнозировать срок службы покрытия на объекте контроля.

Использование методики позволяет контролировать сохранение (установить изменение) группы огнезащитной эффективности, обеспечиваемой нанесённой огнезащитой, в то время как другие методы такой возможности не предоставляют.

Оценивая значение методики в качестве способа исследования поведения огнезащитных покрытий при эксплуатации в различных условиях, следует отметить, что в данном случае по сути воспроизводятся натурные климатические испытания. В настоящее время объём сведений о реальных сроках службы различных видов огнезащитных покрытий на объектах защиты чрезвычайно мал и сведения эти основаны на результатах контроля состояния покрытия по внешнему виду, либо полученных с использованием методов качественной оценки. Поэтому методику можно использовать для исследования зависимости огнезащитных свойств покрытий от срока и условий их эксплуатации. Сбор и анализ таких сведений позволит:

- проводить сравнительную оценку сохранения свойств различных огнезащитных покрытий, используя её для решения задачи выбора оптимального покрытия для данного объекта защиты;
- путём сопоставления их с результатами ускоренных климатических испытаний оценивать точность прогнозирования сроков службы при проведении ускоренных климатических испытаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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 3 июля 2016 г. № 301-ФЗ)). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Патент 2373982 Российской Федерации. Способ контроля предельного состояния огнезащитной обработки материала изделия / Копылов Н.П., Баженов С.В., Забегаев В.И. - № 2007 145591/12. Заяв. 07.12.2007. Оpub. 27.11.2009.

3. ГОСТ Р 53292-2009. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на её основе. Общие требования. Методы испытаний.

4. Определение теплоизолирующих свойств огнезащитных покрытий по металлу : Методика.- М.: ВНИИПО, 1998. 19 с.

УДК 678.743:547.979-386

*А. В. Петров**, *С. А. Кувшинова***, *Ж. Ф. Гессе**, *Т. В. Фролова**

*ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

**ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет, НИИ Макрогетероциклических соединений

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОСТОЙКОСТИ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНЫХ ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проведено исследование пленочных образцов на основе комплексов замещенных фталоцианинов меди. Экспериментально определен кислородный индекс исследованных материалов.

Ключевые слова: поливинилхлорид, модификация, физико-механические свойства, кислородный индекс.

A. V. Petrov, S. A. Kuvshinova, J. F. Hesse, T. V. Frolova

STUDY OF THE THERMAL STABILITY OF THE POLYVINYLCHLORIDE FILM MATERIALS

The study of film samples on the basis of complexes of substituted copper phthalocyanines. Experimentally determined oxygen index of the investigated materials.

Keywords: polyvinyl chloride, modification, physico-mechanical properties, oxygen index.

Одной из приоритетных задач научных исследований является создание функциональных материалов с заданными свойствами. Для этой цели одними из перспективных объектов признаются макрогетероциклы – порфирины, фталоцианины и их металлокомплексы.

Уникальные свойства фталоцианинов привлекают внимание ученых и практиков уже не одно десятилетие. Неослабевающий интерес к фталоцианинам и родственными соединениям обусловлен наличием у них ряда интересных с научной точки зрения и важных в плане практического использования характеристик, что позволяет использовать вещества подобного рода в качестве материалов различного назначения, в том числе красителей и пигментов, катализаторов, сенсбилизаторов и др. [1]. Зачастую практическое использование фта-

лоцианинов сдерживается их нерастворимостью или чрезвычайно низкой растворимостью в органических растворителях. Введение объемистых заместителей в молекулы этих соединений, например, *трет*-бутильных, сообщает им хорошую растворимость, что существенно расширяет возможности их применения [2].

Композиты на основе ПВХ широко применяются в изделиях и материалах, предназначенных для эксплуатации вне помещений. Области применения включают стеновые и напольные покрытия, оконные и дверные проемы, ограждения, уличную мебель, садовые шланги и др. Изделия для наружного применения должны сохранять цвет и другие свойства с течением времени. Кроме этого, ПВХ жесткие пленки применяются для упаковки различных товаров народного потребления, пищевых продуктов, лекарственных средств.

В данной работе представлены результаты исследования одного из важнейших для практического применения физико-механических параметра ПВХ пленок - кислородного индекса.

В качестве полимера для получения пленок использовали суспензионный поливинилхлорид ПВХ С 7059М (производства ООО «Дзержинск Хим», г. Дзержинск), размер частиц 100-200 мкм, молекулярная масса – 40000-145000, константа Фикенчера $K_f = 70$, $\rho = 1,35-1,43 \text{ г/см}^3$, $T_{ст.} = 75-80 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_{пл.} = 150-200 \text{ }^\circ\text{C}$. В качестве растворителей использовали циклогексанон (Aldrich, использовали без дополнительной очистки). Пленочные образцы для исследований получали методом полива 11 %-го раствора ПВХ в циклогексаноне на стеклянную подложку с последующим испарением растворителя. Содержание макрогетероциклических модификаторов составляло 0,5 масс. ч. на 100 масс. ч. полимера. Измерение кислородного индекса проводилось по ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения» на прибор для определения индекса воспламеняемости - кислородного индекса (UCFT-OI). Технические данные: Расход газа через колонку составлял 17 nl/min (нормолитр в минуту, нормолитр = объем газа при нормальном атмосферном давлении и температуре +20°C). Подача газа: 99.5% кислород и чистый азот при 2.6 бар. Анализатор кислорода: Диапазон: 0 - 100% O₂. Воспроизводимость (близость результатов измерения) (стандартная): $\pm 0.1\% \text{ O}_2$. Линейность (точность по всему диапазону измерения) (стандартная): $\pm 0.1\% \text{ O}_2$.

Были исследованы следующие образцы:

Образец 1 – ПВХ пленка без добавок.

Образец 2 – ПВХ пленка, модифицированная углеродными нанотрубками, полученными газофазным осаждением на катализаторе в результате пиролиза углеродсодержащих газов (ООО НПЦ «Квадра», г. Москва). Углеродные нанотрубки представляют собой мелкодисперсный порошок черного цвета. По данным просвечивающей электронной микроскопии, представленным производителем, нанотрубки являются одномерными нитевидными образованиями поликристаллического графита диаметром не менее 30 нм.

Образец 3 – ПВХ пленка, модифицированная углеродом техническим (марка П-803) в виде мелкодисперсного порошка черного цвета, печной, с высоким показателем дисперсности и средним показателем структурности, фракция 40 мкм. Удельная поверхность $16 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Образец 4 – ПВХ пленка, модифицированная углеродом техническим (марка П-324), активным техническим углеродом, выработанным из жидкого углеводородного сырья с высоким значением дисперсности и средним значением структурности. Удельная поверхность $84 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Образец 5 – ПВХ пленка, модифицированная макрогетероциклом (рисунок). Полученные результаты представлены в таблице.

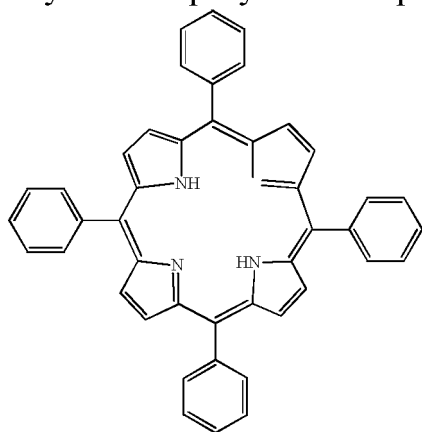


Рисунок. Структура модификатора образца 5

Таблица. Результаты исследования кислородного индекса

Вещество	Кислородный индекс, %
Образец 1	24,1
Образец 2	24,1
Образец 3	23,7
Образец 4	23,2
Образец 5	26,9

На основании полученных результатов видно, что введение в состав пленки ПВХ углерода, как в виде нанотрубок, так и в виде технического углерода, не оказывает значительного влияния на значение кислородного индекса. При модифицировании углеродными нанотрубками значение кислородного индекса не изменяется, а при введении углерода технического значение кислородного индекса уменьшается, что говорит об увеличении пожарной опасности материала. Модифицирование фталоцианином приводит к увеличению значения кислородного индекса, и, следовательно, пожарная опасность материала уменьшается. Таким образом, результаты изучения огнестойкости ПВХ пленочных материалов, представленные в таблице, показали, что кислородный индекс значительно повышается при введении макрогетероциклических соединений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шапошников Г.П., Кулинич В.П., Майзлиш В.Е. Модифицированные фталоцианины и их структурные аналоги. - М.: Красанд, 2012. 480 с.
2. Кувшинов Г.В., Майзлиш В.Е., Кувшинова С.А., Бурмистров В.А., Койфман О.И. Комплексы трет-бутилзамещенных фталоцианинов меди и никеля как модификаторы пленок на основе поливинилхлорида и адсорбентов для газовой хроматографии // Макрогетероциклы. 2016. Т. 3. № 9. С. 244-249.

УДК 699.8:614.8+544+630.3

Е. Н. Покровская, Ф. А. Портнов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

МЯГКОЕ ПОВЕРХНОСТНОЕ ХИМИЧЕСКОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ – МЕТОД СОЗДАНИЯ ДОЛГОВЕЧНЫХ ОГНЕЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Изучена возможность увеличения долговечности материалов и конструкций из древесины за счет мягкого поверхностного модифицирования фосфорорганическими и кремнийорганическими соединениями.

Ключевые слова: долговечность, модифицирование, древесина, огнезащита, фосфорорганика, кремнийорганика.

E. N. Pokrovskaya, F. A. Portnov

SOFT SURFACE CHEMICAL MODIFICATION AS A METHOD OF CREATING DURABLE FIRE-RETARDANT MATERIALS

Study is the possibility of increasing the longevity of wood materials and structures due to soft surface modification by organophosphorus and organosilicon compounds.

Keywords: durability, modification, wood, fire protection, organophosphorus, silicone.

Одним из методов создания огнезащищенных материалов является поверхностная огнезащита. Тонкослойная поверхностная огнезащита является технологически наиболее простым методом огнезащиты материалов и конструкций. В настоящее время разработано большое количество огнезащитных составов. Долговечность защитного действия составов обеспечивает долговечность конструкций и материалов, тем не менее, наиболее широкоиспользуемые в настоящее время огнезащитные составы по данным выпускающих фирм не имеют устойчивости к старению (табл. 1).

Отсутствие устойчивости к старению не может обеспечить долговечность защитного действия и долговечность конструкций. Разрушение материалов и конструкций начинается с поверхности. Долговечность огнезащищенных материалов может быть достигнута путем модифицирования поверхности конструкций и материалов.

Долговечность древесно-целлюлозных материалов определяется сохранностью лигноуглеводного комплекса (ЛУК), состоящего из целлюлозы и лигнина. Разрушение древесины начинается с изменения структуры целлюлозы.

Таблица 1. Характеристика огнезащитных составов

№ п/п	Наименование состава	Расход г/м ²	Группа огнезащитной эффективности	Биозащитная эффективность	Устойчивость к старению
1	Пирилакс	180	II	90	+
2	КСДА М1	180	II	80	+
3	Латик-В	300	-	80	+
4	Аттик	400	II	80	-
5	КСД	500	-	80	-
6	Сенеж Огне Био	600	II	90	-
7	ББ-11	1200	-	90	-
8	Картоцид	300	-	90	-

В течение ряда лет разрабатывался метод модифицирования поверхности древесины в мягких условиях. Мягкое модифицирование состоит в обработке поверхности древесины при температурах от 10 до 30 °С, концентрация растворов 5-30%, проникаемость в древесину 1,5-2 мм, расход 180-250 г/м². В этих условиях «работать» будут активные модификаторы, которые способны образовывать в этих условиях ковалентные связи с поверхностью ЛУК.

Долговечность древесины создается при отсутствии влажности более 30%. Разрушение древесины имеет гидролитический характер, причем гидролиз резко усиливается в присутствии грибов и бактерий. Модификаторы мягкого модифицирования должны создавать биостойкость и огнезащитность.

Модифицирование поверхности древесины в мягких условиях эфирами фосфористой кислоты приводит к увеличению огнезащитности (табл. 2).

Таблица 2. Огнезащитная эффективность фосфорсодержащих соединений

№ п/п	Модификатор	Потеря массы, %	Группа огнезащитной эффективности
1	Нативная древесина	79,0	
2	Диметилфосфит (ДМФ)	5,9	I
3	Диэтилфосфит (ДЭФ)	6,4	I
4	Дифенилфосфит (ДФФ)	9,5	II
5	Полифосфат аммония n>1000 (ПФА-1)	7,3	I
6	Полифосфат аммония n>60 (ПФА-2)	9,4	II

В качестве силилирующих агентов целлюлозы и древесины изучались 10% растворы кремнийорганических соединений (КОС): этилгидридсилоксан (ЭГС), тетраэтоксисилан (ТЭОС), метилсилоксан натрия (МСН). При обработке

образцов модифицированной фосфорорганическими соединениями (ФОС) древесины соединениями КОС образуются сэндвичные структуры, которые придают древесине комплексные огне-, био-, влагозащитные свойства. Долговечность древесины при этом возрастает.

Долговечность древесины как полимерного композита описывается уравнением Журкова:

$$\tau = \tau_0 \cdot e^{u_0 - \gamma \cdot \sigma / K \cdot T},$$

где τ - долговечность материала, τ_0 - период валентных колебаний в полимерной цепи, u_0 - потенциальный барьер, который необходимо преодолеть для разрыва связей, K – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура, γ - структурно – чувствительный параметр Журкова, σ - растягивающее напряжение, согласно теории долговечности.

Значение эффективных кинетических параметров процесса термоокислительной деструкции при мягком модифицировании представлены в табл. 3.

Таблица 3. Значения эффективных кинетических параметров процесса термоокислительной деструкции при мягком модифицировании

	Нативная древесина	Древесина +ДМФ	Древесина +ДМФ+ЭГС	Древесина +ДМФ+МСН	Древесина +ДМФ+ТЭОС
В токе воздуха E, кДж/моль	148,1	298,4	363	219,7	253,8
Косинус краевого угла смачивания, Cos θ	0,56	0,67	0,77	0,83	0,94
Биостойкость	-	+	+	+	+
Потеря массы при горении Δm , %	79	5,9	8,9	11,9	13

Как видно из табл. 3, в результате мягкого модифицирования с образованием сэндвичных покрытий ФОС-КОС значительно возрастает энергия разрыва химических связей U_0 , в соответствии с кинетической теорией долговечности древесины. Долговечность древесины при мягком послойном модифицировании системой ФОС-КОС обеспечивается повышением огнезащитности, гидрофобности и биостойкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Покровская Е.Н., Котенева И.В. Гидрофобизация древесных материалов фосфор- и кремнийорганическими соединениями // М.: Строительные материалы, 2003. №5 - С. 40-41.
2. Покровская Е.Н. Химико-физические основы увеличения долговечности древесины. Сохранение памятников деревянного зодчества с помощью элементоорганических соединений: монография // М.: Изд-во АСВ, 2003. — 100 с.
3. Покровская Е.Н., Кобелев А.А. Исследование кинетических параметров термодеструкции древесины в присутствии огнезащитных систем на основе фосфор-кремнийорганических соединений // М.: Вестник МГСУ 2005. – С. 144-145.
4. Покровская Е.Н., Кобелев А.А., Нагановский Ю.К. Механизм и эффективность огнезащиты фосфор- и кремнийорганических систем для древесины // Пожаровзрывобезопасность. 2009. № 3. С. 44–48.
5. Покровская Е.Н., Чистов И.Н., Шенталин Р.А. Сэндвичевые покрытия по древесине с использованием нанокompозитов // М.: Строительные материалы, 2010. №7 – С. 78-83
6. Покровская Е.Н., Портнов Ф.А., Кобелев А.А., Корольченко Д.А. Дымообразующая способность и токсичность продуктов сгорания древесных материалов при поверхностном модифицировании элементоорганическими соединениями // М.: Пожаровзрывобезопасность, 2013. №10 – С. 40-45.

УДК 614.841.332

И. И. Полевода, С. М. Жамойдик, В. А. Кудряшов

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

ОГНЕСТОЙКОСТЬ СТАЛЬНЫХ КОЛОНН С КОНСТРУКТИВНОЙ ОГНЕЗАЩИТОЙ НА ОСНОВЕ ГИПСОВЫХ АРМИРОВАННЫХ СТЕКЛОВОЛОКНОМ ПЛИТ

На основании результатов модельных и натуральных огневых испытаний установлено, что более раннее наступление пределов огнестойкости смежных ограждающих конструкций, примыкающих к стальным колоннам с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит приводят к более интенсивному прогреву стальных колонн. Разработана методика оценки огнестойкости стальных колонн с конструктивной огнезащитой из огнестойких гипсовых плит, примыкающих к смежным ограждающим конструкциям.

Ключевые слова: конструктивная огнезащита, методика расчета огнестойкости, стандартный пожар, натурные огневые испытания, пожарная безопасность.

I. I. Polevoda, S. M. Zhamoidik, V. A. Kudryashov

FIRE RESISTANCE OF STEEL COLUMNS WITH STRUCTURAL GYPSUM FIBER REINFORCED PLATES FIRE PROTECTION

Based on the model and full-scale fire tests results, it was found that adjacent enclosing structures shorter fire resistance rates which are adjacent to steel columns with structural gypsum fiber reinforced plates fire protection, lead to more intensive heating of steel columns. A fire resistance design technique for steel columns with structural gypsum fiber reinforced plates fire protection with adjacent enclosing structures was developed.

Keywords: structural fire protection, fire resistance design technique, standard fire curve, full-scale fire tests, fire safety.

Традиционно, широкое применение в строительстве находят металлоконструкции. Это обусловлено их индустриальностью, экономичностью, низким удельным весом, возможностью строительства широкопролётных зданий. Между тем, вследствие высокой теплопроводности и низкой теплоемкости, стальные конструкции обладают низкой огнестойкостью. В общем случае на 15 минуте стандартного огневого воздействия они разрушаются [1]. Наиболее надежным и долговечным способом повышения огнестойкости стальных конструкций, является использование конструктивной огнезащиты. Сущность такой огнезащиты заключается в создании защитного короба вокруг стальной конструкции, что позволяет повысить предел огнестойкости до 180 минут.

Стандартизированные испытания огнестойкости стальных колонн с огнезащитой проводят на одиночных образцах стальных колонн [2]. В зданиях значительная часть колонн примыкает к смежным ограждающим конструкциям. В таких случаях огнезащиту стальных колонн выполняют по свободному контуру. Однако стандартизированные испытания проводят на колоннах с огнезащитой со всех сторон. Мы считаем, что перемещения смежных конструкций во время огневого воздействия будут оказывать негативное влияние на прогрев колонн, а полученные в ходе модельных огневых испытаний пределы огнестойкости должны корректироваться.

Для подтверждения выдвинутой гипотезы проведены и проанализированы экспериментальные исследования, включающие в себя комплекс модельных и натурных огневых испытаний.

Модельные огневые испытания проведены для определения теплофизических характеристик конструктивной огнезащиты из огнестойких гипсовых плит.

Для модельных огневых испытаний изготовлены и испытаны три образца стальных колонн. Каждый образец представлял собой стальную колонну двутаврового сечения № 20, высотой 1,7 м, облицованную с четырех сторон огнестойкими гипсовыми плитами толщиной 15, 25 и 50 мм. Конструкция подвергалась четырехстороннему огневому воздействию без статической нагрузки, до

момента достижения усредненной температуры установленных в середине высоты образца термопар 500 °С.

Для определения влияния смежных конструкций на огнестойкость стальных колонн, спроектирован и возведен экспериментальный фрагмент здания, размерами в плане 6 на 6 метров, и высотой 3 метра. Расстояние между колоннами составляет 3 м. Для повышения огнестойкости стальных колонн применена конструктивная огнезащита, выполненная из огнестойких гипсовых плит с различными толщинами от 15 мм до 50 мм. Наружные ограждающие конструкции выполнены из ячеистобетонных блоков, в которых предусмотрены стальные элементы жесткости. Для повышения огнестойкости ограждающих конструкций применены противопожарные облицовки толщиной от 12,5 мм до 40 мм, пространство между противопожарными облицовками и ячеистобетонными стенам было заполнено минватой толщиной 50 мм.

В ходе экспериментальных исследований регистрировали следующие параметры: температуру газовой среды внутри экспериментального фрагмента здания; температуру и перемещения стальных колонн, смежных конструкций.

По результатам натурных огневых испытаний получены зависимости температуры стальных колонн с конструктивной огнезащитой от времени огневого воздействия. В ходе проведения огневых испытаний выявлены повреждения и перемещения ограждающих конструкций, это привело к нарушению целостности защитного короба стальных колонн, что подтверждает выдвинутую гипотезу. Моментом окончания огневых испытаний являлось разрушение части экспериментального фрагмента здания.

Для прогнозирования динамики прогрева стальных колонн с конструктивной огнезащитой разработана методика. В основе расчетной модели лежит закон сохранения энергии, все подводимое тепло от пожара к конструкции расходуется на ее нагрев [1, 3].

Общая методика расчета заключается в оценке температуры расчетных сечений стальных колонн с конструктивной огнезащитой путем решения задачи передачи тепла методом элементарных тепловых балансов (далее – МЭТБ). Изменение температуры элементарной ячейки происходит за счет изменения ее внутренней энергии, обусловленное входящими и исходящими тепловыми потоками. Температуру ячейки через интервал времени $\Delta\tau$ следует определять исходя из уравнения изменения ее внутренней энергии по формуле:

$$T_{mn}(\tau + \Delta\tau) = T_{mn}(\tau) + (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) / (V \cdot (\rho \cdot c_{(\tau)})), \quad (1)$$

где $T_{mn}(\tau)$ – температура ячейки в момент времени τ , °С; Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 – количество тепла, аккумулируемого по каждой из осей рассматриваемой ячейки за промежуток времени $\Delta\tau$, Дж; V – объем элементарной ячейки, м³; $\rho \cdot c_{(\tau)}$ – удельная объемная теплоемкость материала, Дж · м⁻³ · °С⁻¹.

Начальными условиями являются: температура в расчетном сечении конструкции одинакова и равна температуре окружающей среды.

Граничные условия:

1. Изменение температуры греющей среды происходит по режиму стандартного пожара.

2. Коэффициент теплоотдачи α от нагревающей среды с температурой $T_f(\tau)$ к поверхности конструкции с температурой T_0 следует определять по формуле:

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_r = \alpha_k + 5,67 \cdot \varepsilon \cdot \frac{\left(\frac{(T_f(\tau) + 273)}{100} \right)^4 - \left(\frac{(T_{mn}(\tau) + 273)}{100} \right)^4}{T_f(\tau) - T_{mn}(\tau)}, \quad (2)$$

где $\alpha_k = 29 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{°C}^{-1}$ – коэффициент теплоотдачи конвекцией [1]; α_r – коэффициент теплоотдачи излучением, $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{°C}^{-1}$; ε – степень черноты системы.

При необходимости учета смежных конструкций, примыкающих к стальной колонне с конструктивной огнезащитой, граничные условия задачи следует уточнить в зависимости от их пределов огнестойкости.

Для определения температурных полей в конструкции, ее сечение следует разбить на элементарные ячейки размерами x и y . Затем, для каждой элементарной ячейки составляют уравнение теплового баланса. Для всех возможных комбинаций расчетных точек общие уравнения преобразованы в зависимости от их расположения. На основании проделанной работы разработан программный продукт.

На основании собственных экспериментальных данных модельных огневых испытаний и экспериментальных данных ВНИИПО МЧС России [4], методом последовательных итераций определены эффективные значения теплофизических характеристик конструктивной огнезащиты. Теплофизические характеристики определены на основании базовой модели расчета до сходимости расчетных и экспериментальных данных прогрева опытных образцов не более 5%. Установлено, что эффективный коэффициент теплопроводности зависит не только от температуры, но и от толщины огнезащиты (рис. 1).

Объемная теплоемкость принята постоянной со значением $1,00 \text{ МДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$, за исключением диапазона от 100 до 176 °C , где его значение принято в виде пика с максимальным значением $15,35 \text{ МДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$.

С использованием разработанной базовой модели и определенными теплофизическими характеристиками в ходе модельных огневых испытаний, произведена расчетная оценка прогрева колонн, примыкающих к смежным конструкциям. Расхождение экспериментальных и расчетных значений в зависимости от предела огнестойкости смежных конструкций, количества обогреваемых сторон и толщины огнезащиты стальных колонн составляет от 37% и доходит до 100%, следовательно, сходимость является неудовлетворительной, реальный прогрев конструкций экспериментального фрагмента здания более интенсив-

ным чем расчетный. Более интенсивный прогрев связан с нарушением целостности огнезащитного короба, вызванного наступлением предела огнестойкости смежных конструкций, что подтверждает ранее выдвинутую гипотезу. Таким образом, применение общих подходов для колонн, примыкающих к смежным конструкциям является неприемлемым.

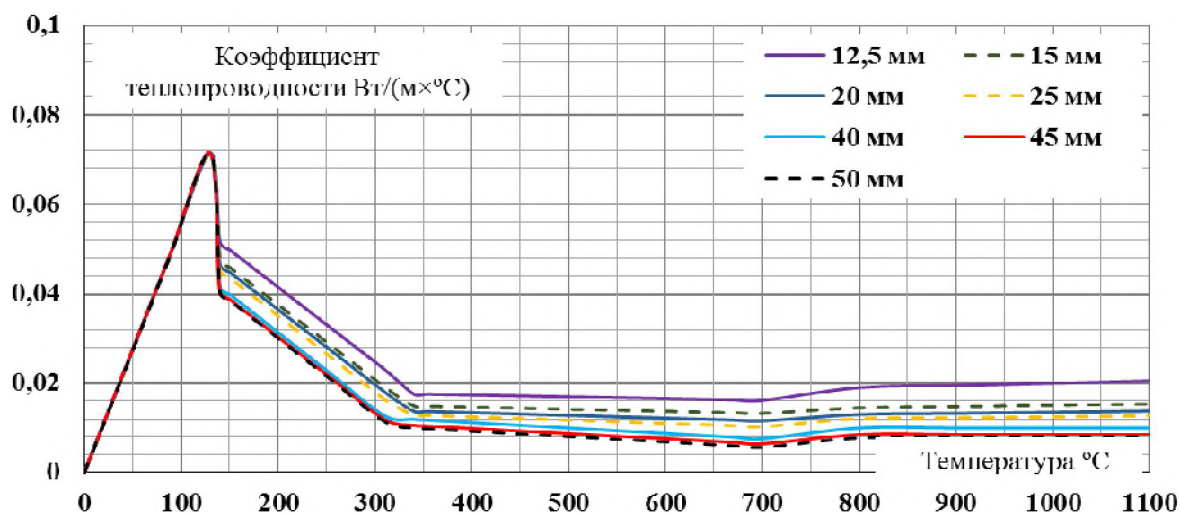


Рис. 1. Зависимость эффективных значений коэффициента теплопроводности от температуры и толщины огнестойких гипсовых плит

Для учета выявленных эффектов, в методику дополнительно введены расчетные комбинации, которые учитывают раскрытие короба огнезащиты.

Для стальных колонн, примыкающих к смежным конструкциям расчет следует производить по следующему алгоритму: до момента наступления пределов огнестойкости смежных конструкций, периметр примыкания к стальной колонне следует принимать идеально теплоизолированным. После наступления пределов огнестойкости смежных конструкций следует изменить граничные условия обогрева периметра примыкания на граничные условия 3 рода. Следует учитывать, что обогрев происходит не по всей поверхности периметра примыкания к смежной конструкции, его значение определено методом последовательных итераций на основании анализа результатов натурных огневых испытаний.

Результаты расчетных и экспериментальных данных представлены на рис. 2, 3.

Видно, что ускорение прогрева, вызванное достижением пределов огнестойкости смежных конструкций, достаточно хорошо описывается предложенной общей методикой с изменяемыми граничными условиями.

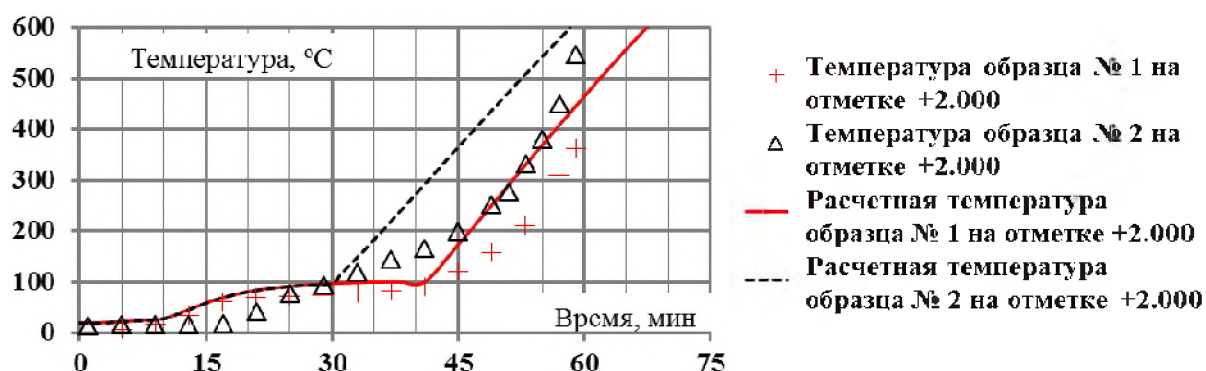


Рис. 2. Экспериментальные и расчетные значения температуры образцов, подверженных трехстороннему огневому воздействию

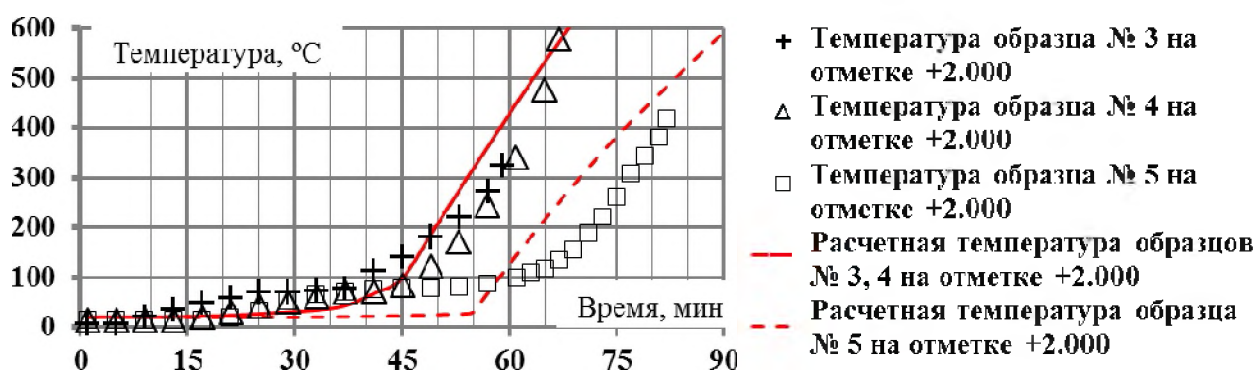


Рис. 3. Экспериментальные и расчетные значения температуры образцов, подверженных двухстороннему огневому воздействию

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яковлев, А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций / А.И. Яковлев. – М. : Стройиздат, 1988. – 143 с.
2. Система стандартов пожарной безопасности. Средства огнезащитные. Общие технические требования и методы испытаний: СТБ 11.03.02-2010. – Введ. 20.10.2010 г. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 2010. – 40 с.
3. Лыков, А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков – М. : Высш. шк., 1967. – 600 с.
4. Инструкция по расчету фактических пределов огнестойкости стальных конструкций с огнезащитными облицовками, выполненными из плит КНАУФ-Файерборд ТУ 5742-006-01250242-2009 по стальному каркасу из тонколистовых оцинкованных профилей ТУ 1121-012-04001508-2011 : утв. Зам. нач. ФГБУ ВНИИПО МЧС России 19.03.2012. – Москва: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2012. – 40 с.

УДК 677.494.675

О. В. Рева, В. В. Богданова, Д. В. Криваль

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОСФАТОВ И ПОЛИФОСФАТОВ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА ДЛЯ ОГНЕЗАЩИТЫ ПОЛИАМИДНОЙ МАТРИЦЫ

Исследованы особенности изменения объема и структуры аммонийных фосфатов и полифосфатов при термоллизе. Установлен сложный характер огнезащитного действия наиболее эффективных композиций: формирование каркасообразующих структур в конденсированной фазе и ингибирование радикальных процессов в газовой фазе летучими продуктами разложения антипирена.

Ключевые слова: огнестойкие полиамидные композиты, комплексные аммонийные и полимерные металлофосфаты, дифференциальный тепловой эффект при термоллизе.

O. V. Reva, V. V. Bogdanova, D. V. Krival

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF PHOSPHATES AND POLYPHOSPHATES WITH DIFFERENT COMPOSITION FOR FIRE PROTECTION THE POLYAMIDE MATRIX

The features of the change in the volume and structure of ammonium phosphates and polyphosphates during thermolysis are studied. The complex character of the fire-protective action of the most effective compositions is established: formation of carcass-forming structures in the condensed phase and inhibition of radical processes in the gaseous phase by volatile products of decomposition of flame retardant.

Keywords: fireproof polyamide composites, complex ammonium and polymeric metal phosphates, differential thermal effect during thermolysis.

Полиамид-6 обладает рядом высоких эксплуатационных свойств: высокой прочностью и упругостью, хорошими электроизоляционными свойствами и термостойкостью, химической стойкостью к действию щелочей, углеводородов и минеральных масел. Одним из серьезных недостатков полиамидных материалов является их высокая горючесть с образованием токсичных соединений и активным каплепадением. В качестве неорганических антипиренов для полиамидов предлагается использование красного фосфора и полифосфата аммония [1]. Часто для придания огнестойкости полиамидам применяются синергические системы, включающие оксид сурьмы и галогенсодержащие органические соединения [1, 2]. Однако при нагревании полиамидов, модифицированных такими замедлителями горения, выделяются высокотоксичные продукты их раз-

ложения. Помимо того, физико-механические свойства полиамидов весьма чувствительны к внесению посторонних примесей и далеко не всегда удается создать прочный и пластичный микрокомпозиционный материал.

Многие свойства систем, где в полимерную матрицу вносится неорганический модификатор, очень плохо прогнозируемы, несмотря на обилие накопленных экспериментальных данных и новейшие теории синтеза композиционных материалов с заданными свойствами [3]. В последнее время огнезащитные композиты на основе полиамидов получают методом экструзионного компаундирования в расплаве, но необходимая категория стойкости материала к горению достигается только при достаточно высоком содержании (19-22 масс. %) синергической смеси в полученном композите [4]. В связи с этим вопрос о методах придания огнестойкости полиамидным материалам нетоксичными антипиренами до настоящего времени остается открытым.

В качестве замедлителей горения для полиамида-6 нами были использованы неорганические синтетические аморфные аммонийные фосфаты двух- и трёхвалентных металлов и полифосфаты различного химического и фазового состава с разными температурами плавления и разложения (таблица). Ко всем композициям добавлялись меламина и пентаэритрит 10 % по массе.

Таблица. Характеристики огнезамедлительных композиций, вносимых в полиамидную матрицу

№	Огнезащитная композиция	Температура начала разложения массы	Температура начала экзотермического разложения
1	АН-1	130	420
2	АН-2	220	440
3	АН-3	220	425
4	Exolit AP 760	210	420
5	Exflam APP 201	260	440
6	Pekoflam TC 503	190	425
7	Pekoflam TC 303	240	400
8	Pekoflam TC 203	220	440
9	PNP 1D	220	440
10	JLS APP 101	240	440

В результате исследования особенностей изменения объема и структуры неорганических антипиреновых композиций при термоллизе найдено, что исследуемые композиции по мере нагревания изменяются весьма различным образом: после подплавления одни вспениваются с выделением значительного количества летучих компонентов, другие спекаются и почти не изменяются в объеме. По мере термического разложения плотные спеченные композиции ли-

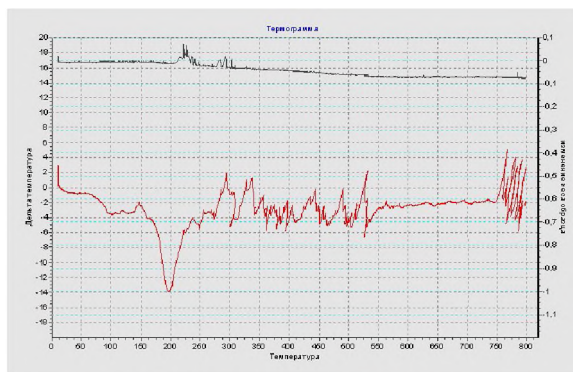
либо превращаются в вязкие жидкости, либо вспениваются с выделением газовой фракции при довольно высоких температурах (400-450 °С); быстро вспенившиеся огнезащитные составы по мере дальнейшего прокаливания либо усыхают до карбонизированных рыхлых хлопьев; либо в ряде случаев преобразуются в кораллоподобные минеральные каркасы. Таким образом, несмотря на то, что все исследованные композиции представляют собой аммонийные металлофосфаты, способ их синтеза, фазовый состав, соотношение азота и фосфора в соли оказывают существенное влияние на закономерности их термодеструкции и, соответственно, огнезащитную эффективность в различных температурных интервалах.

В результате проведенных исследований установлено, что введение от 10 до 15 масс. % любой из изученных антипиреновых композиций расплав в ПА-6 недостаточно для должного обеспечения огнезащиты полиамидных материалов (пластины композитного полимера сгорают полностью после первого поджигания, а растекание их начинается еще до отнятия пламени горелки). Только в количестве ~25-30 масс. % все исследованные нестехиометрические аморфные металлофосфаты и полифосфаты повышают огнестойкость полиамида-6 до уровня ПВ-0: композиционные образцы выдерживают по 2-3 поджигания и сразу же самозатухают.

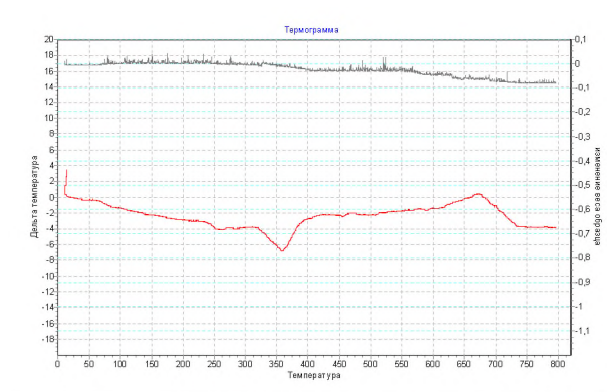
Необычным фактом является то, что комплексные аммонийные и полимерные металлофосфаты с температурами начала разложения свыше 220 °С, предположительно перспективные для введения в тугоплавкие полимеры, (температура плавления полиамида-6 находится в интервале 220-230 °С), не демонстрируют наилучших результатов по повышению огнестойкости полиамидной матрицы; так как обеспечивают огнезащиту только при высоких концентрациях и не всегда блокируют растекание и деформацию композиционного полимера. В то время как огнезащитные композиции (1) и (2), начало расплавления которых соответствует 110-120 °С, а начало активного выделения газов – 150 °С, причем при 200° С теряется уже до 10 масс. % азота и до 12,5 – фосфора, оказались значительно более эффективны, несмотря на несовпадение температур плавления с полиамидом. Они не только обеспечивают высокую огнестойкость полимера уже при концентрации ~20 масс. %, но и полностью блокируют его растекание и каплепадение. Очевидно, для обеспечения огнезащитного эффекта важен не только химический и фазовый состав огнезащитной композиции, но и способ ее взаимодействия с полиамидной матрицей.

Исследование дифференциальных тепловых эффектов превращений, протекающих при термолитизе неорганических огнезащитных композиций, показало, что для наиболее эффективной композиции (1) наблюдается ярко выраженный эндотермический пик при 200 °С, для несколько менее эффективной композиции (2) он смещен к 350 °С, и в ~2 раза меньше по теплопоглощению (рисунок), однако дальнейшая ДТА кривая характеризуется экзотермическим пиком, по всей вероятности, соответствующим формированию минерального скелета и постепенной кристаллизации остаточной массы композиции. Огнезащитные

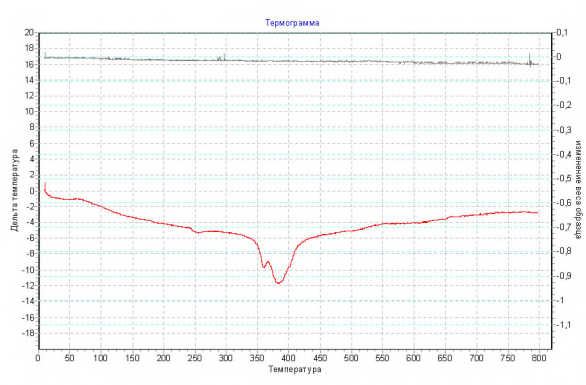
композиции (5) и (7), эндотермическая деструкция которых смещена к 400 °С, Рис. 1, также характеризуются существенно меньшим теплопоглощением, чем композиция (1), что, в сочетании с их полной карбонизацией и отсутствием кристаллизации минерального скелета очевидно, и является причиной их низкой огнезащитной эффективности по отношению к полиамиду.



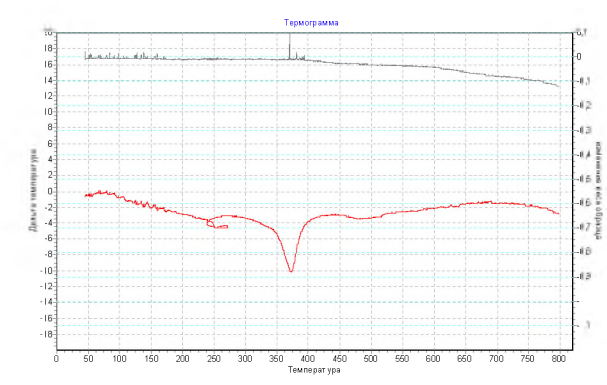
№ 1



№ 2



№ 5



№ 7

Рисунок. Термограммы огнезащитных композиций

Таким образом, в процессе совместного расплавления полиамида-6 и аморфных металлофосфатов и полифосфатов помимо механического диспергирования происходят и химические превращения с получением структурированного композиционного материала. Активное поглощение тепла огнезащитной композицией при температуре, близкой к температуре плавления полимера, явно препятствует плавлению и разложению самого полиамида. Кроме того, выделение летучих соединений азота и фосфора из разлагающейся в процессе нагревания легкоплавкой огнезащитной композиции также предотвращает деструкцию полимера, блокируя радикальные процессы в газовой фазе.

Полученные данные свидетельствуют о достаточно сложных процессах структурообразования в огнезащищенной микрокомпозиционной матрице, возможно, с формированием пространственно-сеточных структур с участием ми-

неральных каркасов. Таким образом, несмотря на то, что все исследованные композиции представляют собой аммонийные металлофосфаты и полифосфаты, способ их синтеза, фазовый состав, соотношение азота и фосфора в соли оказывают существенное влияние на закономерности их термодеструкции, способ физико-химического взаимодействия с полимерной матрицей и, соответственно, огнезащитную эффективность в различных температурных интервалах.

Исходя из полученных результатов, можно предположить, что в случае наиболее огнестойких образцов задействовано два механизма прекращения горения: воздействие на формирование каркасообразующих структур в конденсированной фазе и ингибирование радикальных процессов в газовой фазе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костюченко М.А., Ревяко М.М. Влияние триазинового и неорганического фосфорного ингибиторов горения на эксплуатационные свойства и стойкость к горению стеклонаполненного полиамида-6 // Весці НАН Беларусі. 2013. № 2. С. 21-24.

2. Богданова В.В. Огнегасящий эффект замедлителей горения в синтетических полимерах и природных горючих материалах // Химические проблемы создания новых материалов и технологий: сб. ст. / Под ред. О.А. Ивашкевича. – Минск: БГУ. – 2003, (2). – С. 344-375.

3. Баженов С.Л., Берлин А.А., Кульков А.А., Ошмян В.Г. Полимерные композиционные материалы. – М.: «Интеллект». – 2010. – 347 с.

4. Песецкий С.С., Юрковски Б., Давыдов А.А. Полиамидные нанокompозиты пониженной горючести // Труды конф. Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии. – Мн.: Беларус. навука. – 2011. – С.84-193.

УДК 678.049.91+677.494.4

О. В. Рева, В. В. Богданова, А. С. Лукьянов

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИВИВКИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ К ПОЛИЭФИРНЫМ МАТЕРИАЛАМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ КОМПЛЕКСНОГО СОСТАВА

Изучена эффективность закрепления огнезащитных композиций различных типов на поверхности полиэфирного волокна от их комплексного состава. Доказано, что устойчивое к водным обработкам закрепление азот-фосфорсодержащих замедлителей горения на полиэфирном материале обусловлено взаимодействием хемосорбированных на полимерной подложке коллоидных частиц соединений двухвалентного олова с коллоидными частицами металлсодержащих продуктов растворной части антипирена.

Ключевые слова: нетоксичные замедлители горения, огнестойкие полиэфирные волокна, коллоидные частицы, синтетические фосфаты металлов-аммония.

O. V. Reva, V. V. Bogdanova, A. S. Lyk`yanov

THE EFFICIENCY OF CHEMICAL SUTURING THE SYNTHETIC FIRE-PROTECTION COMPOUNDS TO POLYESTER MATERIALS IN DEPENDENCE OF THEIR COMPLEX COMPOSITION

The effectiveness of fixing on the polyester fiber surface the fire retardant compositions of various types from their complex composition was studied. It has been proved that the stable to aqueous treatments fixation of nitrogen-phosphorus-containing flame retardants on a polyester material is due to the interaction the colloidal particles of stannous compounds, chemically adsorbed on a polymer substrate, with colloidal particles of metal-containing products in the solution part of the flame retardant.

Keywords: nontoxic flame retardants, flame protected polyester fibers, colloidal particles, synthetic phosphates of ammonium metals.

Ввиду стремительного увеличения объема полиэфирных материалов, используемых для изготовления одежды, мебели, предметов интерьера, обивки салонов автомобилей и прочего, сегодня актуален вопрос о понижении их горючести. Придание огнестойкости полиэфирным материалам может быть осуществлено несколькими способами [1-5]: 1) введение замедлителя горения на стадии синтеза полимера; 2) добавление в расплав ПЭМ синергических смесей антипиренов; 3) пропитка или спрейная обработка волокна водными растворами замедлителей горения с пленкообразующими агентами; 4) ориентационное вытягивание в адсорбционно-активных жидких средах (крейзинг); 5) облучение ультрафиолетовыми лучами, рентгеновским и γ -излучением материала, находящегося в растворе антипирена. Однако большинство этих способов являются технически сложными и ресурсоемкими; а также существенно снижают физико-механические свойства получаемых волокон. Кроме того, из огнезащищенного на стадии переработки материала не удастся получить волокна с требуемыми прочностными свойствами. Техническая удобная поверхностная обработка волокон значительно осложнена из-за высокой химической инертности полиэфира, в результате чего огнезащитная композиция вымывается при первой стирке. В связи с этим проблема закрепления неорганических антипиренов на поверхности инертных полимеров до настоящего времени остается открытой.

Ранее нами показана перспективность применения метода химической микросборки [6], обеспечивающего прочную хемосорбцию к полиэфирному материалу неорганических синтетических фосфатов металлов-аммония. Известно также, что химическая природа азотсодержащей компоненты антипиренов оказывает влияние на их огнезащитную эффективность.

Для выяснения влияния химического состава азотсодержащей компоненты на закрепление замедлителей горения на поверхности полиэфирного нетканого материала нами проведены сопоставительные исследования устойчивости огнезащиты к стиркам при обработке антипиренами, содержащими азот в аммонийной или в амино-имино форме. В качестве полимерной матрицы использовали нетканый ПЭТФ. Огнезащитным агентом, где азот представлен в виде аммонийного иона, являлась синтетическая дисперсия (АН-10) аморфных фосфатов двух- и трехвалентных металлов в водной растворной среде, содержащей дигидрофосфат аммония, общего химического состава в пересчете на оксиды в масс. %: $P_2O_5 : NH_3 : CaO : MgO : Fe_2O_3 = 28,4 : 7,5 : 0,72 : 0,15 : 2,39$. Другим замедлителем горения, где азот находится в виде амино-, а также иминогрупп, являлся спиртовой раствор фосфата 5-аминотетразола (ФАТ) формулы $CN_5H_3 \cdot H_3PO_4$. Для сравнения исследовали огнезащитную эффективность реактивного $NH_4H_2PO_4$.

Огнезащитная обработка полимера включала в себя следующие стадии: предварительное травление образца в смеси кислот; активацию в изопропанольном растворе хлорида олова, пропитку в растворе или дисперсии замедлителя горения; сушку образца при 130-140 °С и термофиксацию при 200 °С. Огнестойкость обработанного ПЭТФ и устойчивость огнезащитной обработки к стиркам (30 мин. при 60 °С в воде со стиральным порошком 5 г/л) определяли по СТБ 11.03.02-2010.

В результате огневых испытаний огнезащищенных образцов нетканого материала после стирки найдено, что все исследованные замедлители горения не обеспечивают огнезащитных свойств полиэфирному материалу в отсутствие активации золем хлорида олова и стадии термофиксации. При наличии всех необходимых стадий требуемые стандартом огнестойкие свойства полиэфирного материала достигаются только в случае применения антипирена АН-10. Для образцов ПЭТФ, огнезащищенных фосфатом 5-аминотетразола наблюдается несколько повышенная устойчивость к воздействию пламени по сравнению с исходным и обработанным дигидрофосфатом аммония материалом.

Методом сканирующей электронной микроскопии исследована поверхность исходных и подвергнутых огнезащитной обработке волокон, взятых из постиранного нетканого материала. Количество обнаруженных частиц замедлителей горения на поверхности ПЭТФ волокон существенно меньше при применении ФАТ по сравнению с аналогичными образцами с АН-10, Рис.1. При исследовании волокон после обработки $NH_4H_2PO_4$ и последующей стирки изменения морфологии их поверхности не обнаружено, что свидетельствует о различном механизме закрепления на ПЭТФ огнезащитных композиций, отличающихся комплексным составом и химическим составом азотсодержащей компоненты.

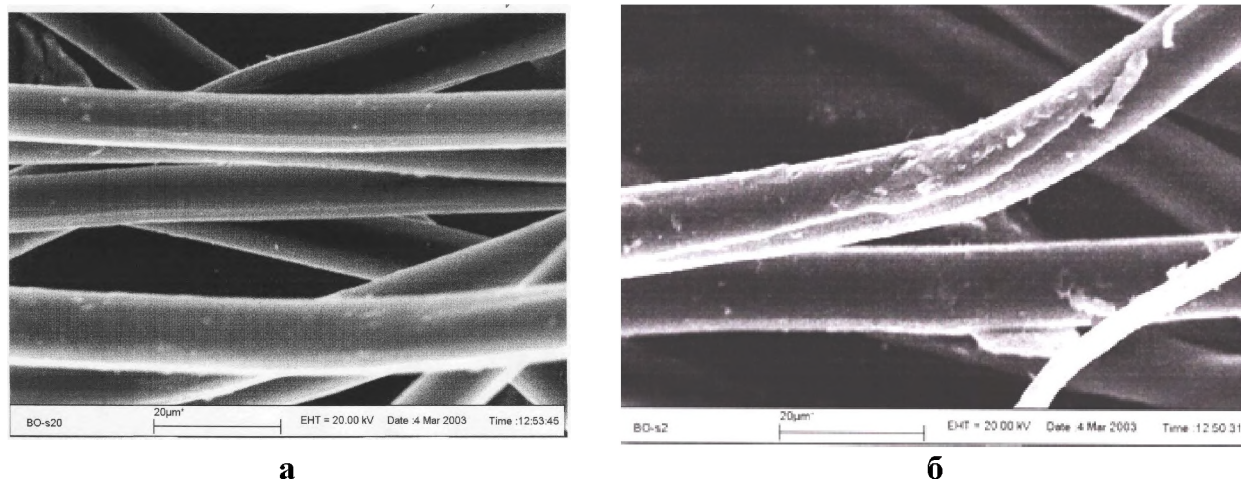


Рис. 1. Морфология поверхности огнезащищенных ФАТ (а) и АН-10 (б) полиэфирных волокон

Для выяснения причины различной степени закрепления ФАТ, АН-10 и $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ на поверхности огнезащищенного ими полиэфирного материала проведено сравнение огнезащитных свойств и элементного состава веществ, остающихся в полимерном материале после стирок. Поскольку АН-10 представляет собой дисперсию нерастворимых фосфатов двух- и трехвалентных металлов-аммония в растворной среде дигидрофосфата аммония, сложносочиненный состав был разделен на растворную и дисперсную части. Дисперсную составляющую перед нанесением на нетканый материал разбавляли в воде до 10 % концентрации.

Установлено, что по устойчивости огнезащитного эффекта к стиркам исследованные замедлители горения располагаются в ряд: АН-10 > растворная часть АН-10 > ФАТ >> дисперсная часть АН-10 > $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. При использовании фосфата 5-аминотетразола в качестве замедлителя горения, также как и при использовании АН-10, отмечается снижение тепловыделения, времени самостоятельного горения и степени повреждения огнезащищенного образца ПЭТФ после стирки. Однако обработанный материал классифицируется как легковоспламеняемый. Тем не менее, наличие активной аминогруппы вносит некоторый вклад в химическое закрепление антипирена на полимере.

Кроме того, прочность закрепления азот-фосфор содержащих антипиренов на полимерной поверхности явно связана с присутствием в огнезащитных композициях модифицирующих добавок в виде соединений многовалентных металлов. Для проверки этого положения нами изучался элементный состав огнезащитных композиций в чистом виде и на полимерной поверхности методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии. Данные спектрометрического исследования элементного состава исходных антипиренов и огнезащищенных ими образцов нетканого материала после стирки приведены в таблице.

Таблица. Элементный состав замедлителей горения и огнезащитного нетканого полиэфирного материала после стирки

Образец	Содержание, %						Классификация по горючести
	P	N	Sn	Ca	Mg	Fe	
NH ₄ H ₂ PO ₄	27	12	–	–	–	–	–
АН-10	24	9,6	–	1,0	0,2	0,5	–
ФАТ	17	15	–	–	–	–	–
Растворная часть АН-10	5,6	2,2	–	0,3	0,4	0,02	–
Дисперсная часть АН-10	18,4	7,4	–	0,7	0,16	0,48	–
ПЭТФ–АН-10	1,5	0,6	0,04	0,3	0,3	0,7	Трудновоспламеняемый
ПЭТФ–ФАТ	0,2	0,2	0,009	–	–	–	Легковоспламеняемый
ПЭТФ– растворная часть АН-10	0,6	0,2	0,01	0,09	0,07	0,4	Трудновоспламеняемый
ПЭТФ– дисперсная часть АН-10	0	0	0,01	0	0	0	Легковоспламеняемый
ПЭТФ– NH ₄ H ₂ PO ₄	0	0	0,01	0	0	0	Легковоспламеняемый

Судя по данным элементного анализа, количество закрепляющегося замедлителя горения в большинстве случаев недостаточно для получения требуемого по ГОСТ огнезащитного эффекта. Сохранение огнезащитной эффективности после стирки имеет место только для состава АН-10 и его растворной части, в которых по данным электронно-микроскопического исследования, присутствуют коллоидные металлсодержащие частицы.

Следует подчеркнуть, что коллоидные частицы в объеме растворной части формируются только для огнезамедлительного состава, включающего ионы переходных металлов – АН-10. Вероятно, эти ионы образуют ядра мицелл и вступают во взаимодействие с реакционноспособными группами полиэфирной матрицы; в то время как в огнезащитных составах ФАТ и NH₄H₂PO₄, представляющих собой истинные растворы, коллоидные частицы отсутствуют.

Отсюда можно предположить, что устойчивое к водным обработкам закрепление азот-фосфорсодержащих замедлителей горения на полиэфирном материале обусловлено взаимодействием хемосорбированных на полимерной подложке коллоидных частиц соединений двухвалентного олова с коллоидными частицами металлсодержащих продуктов растворной части антипирена. По всей вероятности, переходный металл в составе наноразмерных коллоидных частиц способствует образованию мостиковых связей между подложкой и азот и фосфорсодержащими компонентами огнезащитной композиции.

Вместе с тем наличие тех же соединений переходных металлов в виде дисперсии с микронными размерами не позволяет достичь эффекта закрепления замедлителя горения на инертной полимерной матрице. Это может быть косвенным доказательством не только необходимости наличия в составе огнезащитной композиции группировок определенного химического состава для обеспечения перманентного огнезащитного эффекта, но и формирования из этих соединений поверхностно-активных коллоидных частиц в определенном диапазоне размеров. Использование индивидуального $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ не позволяет достичь перманентного огнезащитного эффекта, что является дополнительным доказательством активной роли металлосодержащих коллоидных продуктов в обеспечении химического взаимодействия между антипиреном и полимером.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кодолов В.И.* Замедлители горения полимерных материалов. / Химия: учебное пособие В.И. Кодолов. – Москва, 1980.–250 с.
2. *Кричевский Г.Е.* Химическая технология текстильных материалов.- М.: Химия.- 2001.– Т. 2.– 540 с.
3. Малотоксичные борсодержащие добавки для покрытий пониженной горючести // Белоусова Р.Г. [и др.]. Журн. Прикл. Химии.– Т. 83, Вып. 2.– 2010.– С. 329-333.
4. Исследования огнезащитной эффективности составов на основе аммонийных фосфатов двух- и трехвалентных металлов в зависимости от условий получения / Богданова, В.В., Кобец, О.И.– Вестник БГУ, Серия 2.– № 1.– 2009. – С.34-39.
5. *Белашапошникова В.И.* Технология текстильной промышленности. // Белашапошникова В.И. [и др.]. – Изв. Вузов. 2005, № 3.– С. 21-24.
6. *Рева О.В., Богданова В.В., Шукело З.В.* Химическая привязка огнезащитных композиций к полиэфирной матрице // Свиридовские чтения: Сб. статей.– Вып. 9.– Мн.: БГУ, 2013.– С. 158-168.

УДК 677.494.675

О. В. Рева, В. В. Богданова, А. Н. Назарович
Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ ЗАКРЕПЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛОВ НЕТОКСИЧНЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИЭФИРНОГО ВОЛОКНА

Изучена избирательность закрепления компонентов неорганических огнезащитных композиций на поверхности полиэфирного волокна с формированием компо-

зиционной нанослоистой системы от химического и гранулометрического состава антипирена.

Ключевые слова: нетоксичные замедлители горения, огнестойкие полиэфирные волокна, коллоидные частицы, соединения многовалентных металлов.

O. V. Reva, V. V. Bogdanova, A. N. Nazarovich

THE CONNECTION ELECTRICITY OF METALS COMPOUNDS IN NON-TOXIC INORGANIC COMPOSITIONS ON THE POLYESTER FIBER SURFACE

The selectivity of fixing the components of inorganic flame retardant compositions on the polyester fiber surface with formation the composite nanolayer system from the chemical composition and granules size of the flame retardant is studied.

Keywords: nontoxic flame retardants, flame protected polyester fibers, colloidal particles, compounds of polyvalent metals.

Полиэфирные волокнистые материалы находят применение для изготовления изделий как бытового (одежда, мебель, предметы интерьера), так и технического назначения (канаты, нити, плетеные гибкие шланги). Полиэфирные волокна однородные по толщине, высокопрочные, устойчивые к многократным деформациям, истиранию, смятию. Серьезным недостатком полиэфирных материалов является высокая горючесть.

Наиболее эффективным методом придания огнестойкости полимерам является либо модификация их химического состава на стадии синтеза, либо введение антипиренов на стадии расплава. Расплавы полиэфиров хорошо совмещаются с органическими производными галогенов, фосфора, азота, сурьмы и висмута, но при высоких температурах эти вещества разлагаются с образованием токсичных соединений. Эффективными нетоксичными замедлителями горения для полиэфирных тонкодисперсных материалов являются неорганические соли азота и фосфора; особенно хорошо предотвращают их вторичное тление комплексные нестехиометрические металлофосфаты и полифосфаты аммония [1]. Однако введение неорганических ингибиторов горения в расплав полимера приводит к существенному ухудшению физико-механических свойств материала (прочность на разрыв, относительное удлинение, ударную вязкость, модуль упругости).

При поверхностной обработке (пропитка, опрыскивание) готового волокна с очень гладкой и химически инертной поверхностью неорганические антипирены не закрепляются на изделии в достаточных количествах, либо впоследствии вымываются при стирке. Возможным решением проблемы может быть создание на поверхности полиэфира активных функциональных групп, обеспечивающих химическое закрепление замедлителя горения. Нами был разработан метод химической пришивки антипирена к поверхности полиэфирного волокна с использованием коллоидных частиц соединений Sn(II) и получением компо-

зиционной системы [2,3]. Данный метод заключается в многоступенчатой обработке волокнистого полиэфирного материала: химическое травление с раскрытием функциональных групп, создание адгезионного интермедиативного нанослоя обработкой спиртовым коллоидным раствором SnCl_2 , пропитка сложносочиненной суспензией нетоксичной неорганической огнезащитной композиции.

При этом было найдено, что близкие по химическому и фазовому составу аммонийные фосфаты при одинаковых условиях ступенчатой огнезащитной обработки закрепляются на полиэфирной поверхности в различных количествах. Механизм взаимодействия неорганического антипирена с полиэфиром, в особенности при его поверхностной химической прививке мало изучен, и совершенно неясно влияние комплексного состава неорганических замедлителей горения и методов модификации поверхности полиэфира на закономерности хемосорбции компонентов антипиренов и формирования мостиковых связей между полимерной подложкой и неорганическим модификатором.

Целью данной работы было исследование влияния химического и гранулометрического состава аммонийно-фосфатных неорганических замедлителей горения на их способность взаимодействовать с активирующим слоем наноразмерных частиц соединений Sn(II) на полимерной поверхности, и соответственно, огнезащитную эффективность.

Результаты и обсуждение. Нами была проведена многоступенчатая пропиточная огнезащитная обработка нетканого объемного полиэфирного утеплителя с применением нескольких типов неорганических огнезащитных композиций, отличающихся по химическому и гранулометрическому составу и способу синтеза. Установлено, что хорошо закрепляющийся в процессе термофиксации на тканях плотного плетения грубодисперсный антипирен АН-10, на поверхности волокнистых материалов (для которых термофиксация технологически невозможна) сорбируется в количествах на порядок меньше, в среднем $2,0-3,5 \text{ мг/см}^3$. Соответственно, по результатам огневых испытаний полиэфирный нетканый утеплитель, обработанный огнезащитной композицией АН-10, существенным повышением огнестойкости по сравнению с исходным образцом не отличается, вне зависимости от условий каждой из стадий обработки.

Синтетические антипирены CuANS-10 и CuAN 6,5-20 в отличие от АН-10 характеризуются наличием в составе модифицирующих ионов многовалентных металлов и гораздо более высокой (на 2-3 порядка) дисперсностью неорганических частиц. Установлено, что в этом случае количество закрепленной на полиэфирной матрице огнезащитной композиции даже в отсутствие термофиксации значительно (в 2-3 раза) превышает массу самого образца и составляет $22,18-27,78 \text{ мг/см}^3$. При огневых испытаниях, доказана высокая огнестойкость полиэфирного материала, обработанного высоко диспергированными композициями CuAN 6,5-20 и CuANS-10 , вне зависимости от условий промежуточных стадий обработки.

По результатам электронно-микроскопического исследования выявлено, что неорганические огнезащитные композиции на основе комплексных фосфатов группы CuАН, представляющие собой синтетические продукты, имеют размер частиц твердой фазы не более долей микрона, а в их растворной части присутствуют коллоидные частицы с размерами 25-75 нм (рисунок). Для огнезащитных композиций группы АН, представляющих собой аммонийные металлофосфаты с размерами твердых частиц в микронном диапазоне (соединения двух- трехвалентных металлов практически отсутствуют), в растворной части коллоидные частицы не обнаружены.

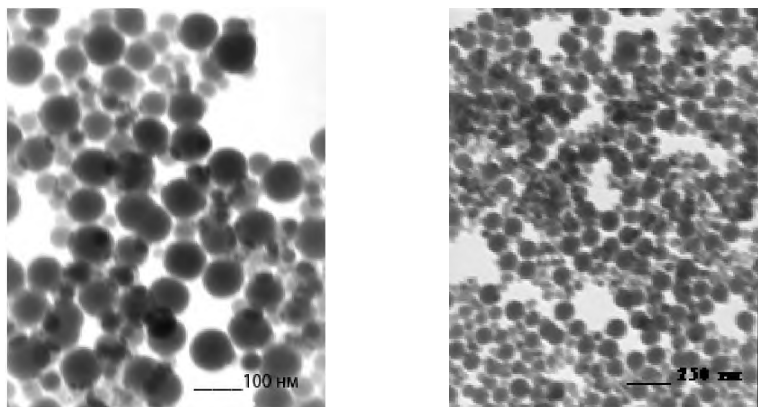


Рисунок. ПЭМ фотографии частиц, формирующихся в растворной части огнезащитных композиций CuАН 6,5-20 и CuАНС-10

Таким образом, результаты гравиметрического исследования и огневых испытаний показали, что наивысшей огнезащитной эффективностью по отношению к полиэфирным волокнам обладают композиции, в объеме которых наличествуют коллоидные частицы. Предположительно, эти частицы сорбируются на поверхности наноразмерного активирующего слоя на полимерной поверхности и вступают в химическое взаимодействие с образующими его соединениями. Грубодисперсные частицы композиции АН-10 к такому взаимодействию очевидно не способны не только химически, но и по геометрическим и электрофизическим параметрам. Как следствие, композиция АН-10, в отсутствие в огнезащитной обработке высокотемпературной стадии термофиксации (приплавления ЗГ к полимеру), невозможной для тонковолокнистых объемных материалов, при стирке почти полностью вымывается с поверхности полиэфирного утеплителя. Композиции CuАН 6,5-20 и CuАНС-10, содержание наночастицы, способные к ионно-обменному и/или донорно-акцепторному взаимодействию с соединениями активатора Sn(II), не только не вымываются при водных обработках, но и обеспечивают перманентный огнезащитный эффект. Таким образом, установлено, что количество аммонийно-металлофосфатного антипирена, химически закрепленного на волокнистом материале через активирующий слой соединений Sn(II), принципиальным образом зависит от химического и гранулометрического состава ЗГ.

По всей вероятности, соединения многовалентных металлов, являющиеся основой коллоидных частиц, должны концентрироваться в приповерхностной зоне огнезащищенных полиэфирных волокон в процессе избирательной хемосорбции компонентов антипирена. Для проверки этого предположения методом атомно-эмиссионной спектроскопии определено относительное массовое содержание ряда элементов (Al, Sn, Fe, Mg, Ca) как в растворной части огнезащитных композиций (ЗГ), так и в обработанных ими полиэфирных материалах (ПЭ), табл. 1. В результате проведенных исследований выявлено, что количественный элементный состав антипиренов и огнезащитного слоя на полимерной поверхности существенно отличаются (таблица).

Таблица. Содержание элементов в растворной части синтетического антипирена (ЗГ) и огнезащитном слое на поверхности обработанного им полиэфирного волокна (ПЭ)

Композиция	Содержание элемента, масс. %							
	Al		Fe		Mg		Ca	
	ЗГ	ПЭ	ЗГ	ПЭ	ЗГ	ПЭ	ЗГ	ПЭ
CuАН + ФАТ	8,0	8,5	6,2	22,8	47,4	3,7	31,9	1,6
CuАН + меламина	6,0	12,2	4,8	22,7	44,9	4,0	39,2	2,7

Так, в огнезащитных композициях группы CuАН с различными аммонийными добавками количество Mg и Ca составляет соответственно (44,9-47,4 %) и (31,9-39,2 %). На полиэфирном волокне в результате ступенчатой огнезащитной обработки Mg закрепляется (3,7-4 %); Ca (1,6-2,7 %). По сравнению с составом антипирена, относительное количество Mg уменьшилось в 11-13 раз, Ca – в 15-19 раз. Однако, несмотря на то, что эти элементы слабо закрепляются на полиэфирной подложке, перманентный огнезащитный эффект был достигнут. При этом в композиционном слое на поверхности полиэфира наблюдается возрастание (в ~2-3 раза) относительных количеств Fe и Al по сравнению с замедлителем горения. Следовательно, механизм огнезамедлительного действия данных композиций более сложен, чем представлялось ранее. Полученные данные подтверждают предположения об особой роли соединений многовалентных металлов в неорганических огнезащитных композициях, в том числе в образовании коллоидных частиц и формировании мостиковых связей между полимерной подложкой и азот-фосфор содержащими соединениями, обладающими огнезамедлительным действием. Как показали огневые испытания, эта полученная «химической микросборкой» комплексная система с организованными связями обеспечивает перманентную огнезащиту полиэфирных материалов на уровне ПВ-0.

Таким образом, выявлено, что химическое закрепление на поверхности активированного полимера неорганических соединений азота и фосфора, обладающих огнезамедлительным действием, происходит посредством коллоидных частиц многовалентных металлов, образующихся в синтетических сложносочиненных дисперсиях антипиренов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданова В.В., Кобец О.И. Исследование огнезащитной эффективности составов на основе аммонийных фосфатов двух- и трехвалентных металлов в зависимости от условий получения // Журн. прикл. Химии. 2014. Т 87, Вып.10. С. 1385–1399.
2. Рева О.В., Богданова В.В., Шукело З.В. Химическая привязка огнезащитных композиций к полиэфирной матрице // Свиридовские чтения: Сб. статей.- Вып. 9.- Мн.: БГУ, 2013.- С. 158-168.
3. О.В. Рева, А.С. Лукьянов Определение оптимального метода создания наноструктурированных композиций на основе полиэфирных матриц, обладающих перманентной огнестойкостью // Вестник КИИ МЧС.- 2015. -№ 2 (22). – С.35-43.

УДК 621.1

А. К. Соколов^{,**}, Н. Е. Егорова^{*}, А. А. Арбузова^{*}*

^{*}ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

^{**}ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ПО ИЗМЕРЕННЫМ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ТЕМПЕРАТУРНЫМ ПОЛЯМ

В статье предлагается сравнительно простой метод определения температуропроводности материалов по температурному полю неограниченной пластины, полученному экспериментально. Дается оценка трудоемкости и точности определения температуропроводности по тестовым температурным полям, рассчитанным методом конечных разностей.

Ключевые слова: теплофизические свойства, материалы, методы, пожар.

A. K. Sokolov, N. E. Egorova, A. A. Arbuzova

METHODS OF DETERMINING THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF MATERIALS MEASURED IN THE EXPERIMENTS OF THE TEMPERATURE FIELDS

In article the method of determination of thermal diffusivity of materials on the temperature field of an unlimited plate is offered. An assessment of labor input and accuracy of

determination of thermal diffusivity on test temperature fields is given. Fields are calculated by method of final differences.

Keywords: thermal properties, materials, methods, fire.

При математическом моделировании с целью прогнозирования опасных факторов пожара важными параметрами являются значения теплофизических характеристик применяемых строительных, теплоизоляционных, облицовочных материалов.

Данные характеристики оказывают существенное влияние не только на тепловой и воздушный режим здания, но также и на функционирование отопительной и вентиляционной систем. К теплофизическим характеристикам материалов прежде всего относятся теплопроводность, теплоемкость, температуропроводность и тепловая активность. При этом далеко не на все материалы, использованные при строительстве, имеются паспортные данные, тем более, что в процессе эксплуатации реальные характеристики строительных материалов часто изменяются и в конечном итоге не соответствуют значениям, указанным в сертификате.

Возможность измерять теплофизические свойства материалов в процессе их эксплуатации позволит качественно проводить тепловые расчеты технологических процессов с целью определения оптимальных эксплуатационных режимов, позволяющих снизить риск возникновения пожаров [1].

Для экспериментального определения коэффициентов теплопроводности, теплоемкости и температуропроводности материалов требуется организовать специальные условия, а именно, очень качественную изоляцию с целью поддержания постоянной температуры. К тому же, имеющиеся промышленные приборы, предназначенные для измерения теплофизических характеристик, дают возможность работать только с образцами малых размеров и определенной формы (в виде дисков, пластин, проволок или тонких трубок). Кроме этого, образцы должны иметь специальные отверстия малого диаметра для размещения термомпар. Отмеченные требования значительно ограничивают возможности применения серийных приборов для исследований строительных материалов, поскольку данные материалы имеют существенную специфику и по структуре, и по размеру, и по форме.

Использование численно-аналитических методов, основанных на теории теплопроводности (см. табл. 1) становится оптимальным выходом для решения описанной проблемы.

Таблица 1. Численно-аналитические методы для определения теплофизических свойств материалов

Название метода	Особенность метода
Метод регулярного теплового режима	Метод применяется не на всем протяжении процесса охлаждения или нагревания, а только в тот период, когда начальное состояние тела перестает влиять на процесс.
Метод квазистационарного теплового режима	Метод базируется на решении линейного уравнения теплопроводности для пластины, цилиндра, шара в случае нагревания их постоянным тепловым потоком или в среде с постоянной скоростью изменения температуры.
Метод монотонного теплового режима	Под монотонным тепловым режимом принято понимать плавный разогрев или охлаждение тел в широком диапазоне изменения температуры со слабопеременным полем скорости внутри образца.
Методы теплового импульса или мгновенного источника	В основе метода мгновенного источника лежит решение задачи охлаждения неограниченной пластины в неограниченной среде при наличии мгновенного источника, расположенного в середине пластины.
Комплексные методы	Комплексные методы основываются на теории начальной и основной стадий процессов нестационарной теплопроводности.
Стационарные методы	Стационарные методы основаны на законе Фурье при стационарном режиме и служат для определения коэффициента теплопроводности.

Для определения теплофизических характеристик предлагается использовать новый метод численно-аналитического моделирования температурных полей. По этому методу одна часть задачи теплопроводности решается аналитически, а другая численно (конечными разностями). Основное отличие метода от известного метода конечных разностей с явной схемой расчета заключается в том, что распределение температур по сечению тела в конце расчетного интервала времени $T(X)$ находится сразу по аналитическим формулам, а не по уравнениям балансов теплоты, составленных для kx элементарных объемов (обычно $kx > 10$). Формулы для аналитического расчета распределения температур в конце расчетного интервала времени τ получены для многослойных пластин, двухмерных (призм) и трехмерных тел (параллелепипедов). При этом решение уравнения теплопроводности в частных производных заменяется решением одного или нескольких обыкновенных дифференциальных уравнений, что значительно упрощает численное решение задачи [2].

Благодаря такому разделению задачи, получено хорошее сочетание показателей по точности и трудоемкости расчетов. Достаточно высокая эффективность найденного подхода, установленная в результате вычислительных экспериментов, побудила к поиску новых приложений метода для решения обратных задач теплопроводности.

Наиболее полную информацию о теплофизических свойствах изучаемых содержит температурное поле, которое можно определить при решении краевых задач теплопроводности, задавая различные тепловые воздействия и изменяя условия выполнения эксперимента.

Тепловые источники, которые воздействуют на поверхность исследуемого объекта (образца), должны быть учтены при создании математических моделей тепловых процессов, происходящих в них, а также для построения его температурного поля. При этом вид и режим теплового воздействия, форму нагревателя и условия проведения эксперимента выбирают таким, чтобы с помощью несложных математических зависимостей адекватно описать физику процесса.

Численно-аналитические методы расчета нестационарных температурных полей твердых тел разрабатываются для систем автоматизированного проектирования, обучения, управления, в которых требуется многократное повторение расчетов за ограниченное время. Работы в этом направлении велись во многих научных, что показывает важность решения этой проблемы [3,4].

Необходимость разработки и совершенствования этих методов не снижается, несмотря на рост возможностей ЭВМ, так как математические модели процессов тепломассообмена развиваются в сторону усложнения.

Одним из недостатков известных численно-аналитических методов является, на наш взгляд, ограничение на их область применения, которое вызвано различными допущениями, сделанными при разработке методов.

Для известного метода дискретного удовлетворения краевых условий предложены обобщенные формулы и алгоритмы; рассчитаны, табулированы и записаны в автоматизированные базы данных специальные функции, без которых было бы невозможно практическое использование метода, существенно увеличено число видов решаемых задач теплопроводности.

Метод основан на суперпозиции элементарных температурных полей, для которых получены аналитические решения из систем линейных уравнений, описывающих начальные и граничные условия. Использование аналитических решений позволило заменить дифференциальное уравнение теплопроводности системой обыкновенных дифференциальных уравнений и сократить время вычислений по сравнению с конечно-разностными методами в 5...10 (в некоторых случаях в 30) раз.

Процесс распространения теплоты описывается известным дифференциальным уравнением теплопроводности, которое, например, для неограниченной пластины имеет вид

$$c_v \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \lambda \frac{\partial T}{\partial x}, \quad 0 \leq x \leq R, \quad 0 \leq \tau \leq \tau_k, \quad (1)$$

где $c_v=c_v(T)$ – объёмная теплоёмкость, Дж/(м³·К); $T=T(x, \tau)$ – температура, К; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); R – толщина пластины, м; τ_k – конечное время, с.

Начальные и граничные условия описываются уравнениями

$$T|_{\tau=0} = T_H(x), \quad (2)$$

$$\lambda \frac{\partial T(R, \tau)}{\partial x} = q_0, \quad (3)$$

$$\lambda \frac{\partial T(R, \tau)}{\partial x} = q_1, \quad (4)$$

где $T_H(x)$ – начальное распределение температуры; q_0, q_1 – потоки теплоты на границах $x=0$ и $x=R$. Эти потоки могут задаваться уравнениями радиационно-конвективного теплообмена

$$q_0 = \alpha_{x=0}(T_{2,x=0} - T(0, \tau)) + \sigma_{x=0}(T_{2,x=0}^4 - T^4(0, \tau)), \quad (5)$$

$$q_1 = \alpha_{x=R}(T_{2,x=R} - T(R, \tau)) + \sigma_{x=R}(T_{2,x=R}^4 - T^4(R, \tau)), \quad (6)$$

где α, σ – коэффициенты конвективного и радиационного теплообмена на поверхностях $x=0$ и $x=R$.

Моделирование нестационарных температурных полей заключается не только в расчете температурного поля $T(x, \tau)$ при заданных начальных и граничных условиях (прямая задача теплопроводности), но и в определении параметров теплообмена на границах тел или начальных условий или теплофизических характеристик (обратные задачи теплопроводности). Кроме того, процесс теплопроводности может сопровождаться другими процессами, происходящими в твердом теле: химическими реакциями, структурными превращениями, испарением или миграцией влаги, изменением размеров и др.

В табл. 2 перечислены основные задачи теплопроводности, которые приходится ставить и решать для определения теплофизических характеристик материалов. Наиболее часто должны решаться задачи типа 1 или 2.

Экспертная оценка методов, сделанная в табл. 2, показала, что для задач моделирования в системах проектирования, управления и обучения наиболее целесообразно использование численно-аналитических методов решения.

Эти методы, кроме ускорения процесса расчета, сокращают время разработки программного обеспечения за счёт более простых математических описаний. Решение задач второго типа, если расчет температурного поля выполняется численными или численно-аналитическими методами, сводится к нахождению корней системы нелинейных уравнений.

Таблица 2. Типы задач теплопроводности

№	Краткая формулировка задачи и область ее применения	Входные параметры	Выходные параметры
1	Рассчитать температурное поле тела (исследования, проектирование)	Граничные $T_c(\tau)$, $\alpha(\tau)$, $\sigma(\tau)$ и начальные $T(x, \tau=0)$ условия, теплофизические свойства $\lambda(T)$, $c(T)$, $a(T)$, время нагрева τ_k	Температурное поле $T(x, \tau)$
2	Найти температурное поле и граничные условия, при которых будут выполнены ограничения на параметры поля (достигнута заданная температура, градиенты не превысят предельных значений и др.) (управление, проектирование)	Начальные условия, теплофизические свойства, время нагрева τ_k , ограничения на конечные или текущие параметры поля $T(R, \tau_k)$, $T(0, \tau_k)$, $T(R, \tau) - T(0, \tau)$, $\frac{\partial T(x, \tau)}{\partial x}$ и др.	Закон изменения температуры газа (коэффициент теплообмена)
3	Определить, за какое время параметр поля (например, температура $T(R, \tau)$) достигнет заданного значения (проектирование, управление)	Начальные и граничные условия, теплофизические свойства, ограничения на конечные параметры поля	Время нагрева
4	Найти, при каких граничных условиях получено температурное поле (определение параметров внешнего теплообмена, настройка моделей)	Температурное поле, например, из физического эксперимента, теплофизические свойства, время нагрева	Граничные условия $T_c(\tau)$, α , σ
5	Определить теплофизические свойства по температурному полю тела (обработка физических экспериментов по исследованию свойств материалов)	Температурное поле, начальные и граничные условия, время нагрева	Теплофизические свойства тела λ , c , a

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фокин В.М. Неразрушающий контроль теплофизических характеристик строительных материалов [Текст] / В.М. Фокин, В.Н. Чернышов // Москва: Издательство машиностроение -1». – 2004 г. – 212 с.
2. Соколов А.К. О распределении температур в наружных ограждениях помещений до начала пожара с учетом времени года [Текст] / А.К. Соколов, Н.Е. Егорова, М.Г. Есина, О.В. Хонгорова, А.А. Арбузова // Сб. материалов II Межвузовской научно-практической конференции «Актуальные вопросы естествознания» / «ИПСА ГПС МЧС России. – 2017 г. - С. 57-59.

3. *Шувье Е.С.* Оптимизация расчёта температурного поля тела простейшей формы методом конечных разностей [Текст] // Е.С. Шувье, Н.Е. Егорова // Сб. материалов II Межвузовской научно-практической конференции «Актуальные вопросы естествознания» / «ИПСА ГПС МЧС России. – 2017 г. - С.196-199.

4. *Арбузова А.А.* Новая технология получения полимерно-армированных композиционных материалов [Текст] / А.А. Арбузова // Новые решения в области упрочняющих технологий: взгляд молодых специалистов: сборник научных статей материалы Международной научно-практической конференции / Юго-Зап. гос. ун-т. Курск: ЗАО «Университетская книга». – 2016 г. – С. 140-143.

УДК691:614

И. В. Сусоева, Т. Н. Вахнина

ФГБОУ ВО Костромской государственный университет

СНИЖЕНИЕ ГОРЮЧЕСТИ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

В работе получены результаты определения степени повреждения по массе при горении в «керамическом коробе» образцов композиционного материала с наполнителем из невозвратных пылевидных отходов производства хлопкового и льняного волокон. Высокая степень повреждения по массе при горении композиционных плит на основе невозвратных отходов хлопка и льна обусловлена повышенной горючестью материала наполнителя, в основе которой лежат процессы дегидратации, окисления и термической деструкции целлюлозы. Рекомендовано для изготовления огнезащищенных композиционных плитных материалов из невозвратных отходов производства хлопкового и льняного волокон использовать тригидрат алюминия. Это позволяет получить композиционный плитный материал на основе невозвратных пылевидных отходов прядения хлопкового и льняного волокон, отвечающую группе горючести Г1 согласно ГОСТ 30244-94.

Ключевые слова: лигноцеллюлозные отходы, композиционные материалы, тригидрат алюминия.

I. V. Susoeva, T. N. Vahnina

REDUCED FLAMMABILITY OF COMPOSITES BASED ON VEGETABLE RAW MATERIALS

In the work the obtained results determine the degree of damage by weight when burning in «ceramic box» samples of composite material with a filler of non-refundable pulverized waste production of cotton and linen fibers. A high degree of damage mass during the combustion of composite plates on the basis of the irrevocable waste of cotton and linen due to increased Flammability of the material filler, which is based on the processes of dehydration, oxidation and thermal degradation of cellulose. Recommended for the manu-

facture of flameproof composite plate materials from non-returnable production wastes cotton and linen fibers to use the trihydrate of aluminum. This allows to obtain a composite Board material on the basis of irrevocable pulverized waste spinning cotton and flax fiber that meets the Flammability group G1 according to GOST 30244-94.

Keywords: lignocellulosic waste, composite materials, aluminum trihydrate.

Одной из основных задач при строительстве и эксплуатации строений является обеспечение требований пожарной безопасности. Нормативные требования к строительным материалам регламентируются ФЗ 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Классификация строительных материалов по пожарной опасности основывается на их свойствах и способности к образованию опасных факторов пожара [1]. В числе свойств, характеризующих строительные материалы, одним из основных является горючесть, характеризующаяся параметрами потери массы при горении и продолжительности устойчивого пламенного горения.

В настоящее время с учетом требований экологической безопасности активно разрабатываются строительные материалы, в том числе – теплоизоляционные, на основе растительного сырья. Разработки теплоизоляционных композиционных материалов, основанных на древесных материалах и отходах сельскохозяйственных культур известны с начала XX в. [2, 3, 4]. Использование отходов переработки промышленных волокон (хлопка, льна, конопли, кенафа и др.), встречается реже [5].

Горючесть и термическая деструкция материалов из растительного сырья является одним из важнейших аспектов, который должен быть хорошо изучен для их использования в строительстве. Yao F и коллеги [5] исследовали тепловые процессы разложения десяти видов натуральных волокон (древесина, бамбук, сельскохозяйственные отходы и лубяных волокон), используемых в производстве композиционных материалов.

Обработки волокон до их применения в композитах также были проанализированы с точки зрения возможных изменений показателей их термической деструкции. Например, Rana a K. и коллеги [6] использовали метод ацетилирования на джутовых волокнах и обнаружили, что термическая стабильность ацетилированного джута была выше, чем необработанного.

Применение антипиренов для снижения горючести лигноцеллюлозных материалов широко исследовано [7, 8, 9]. В частности, антипирены, содержащие неорганические гидроксиды металлов, способствуют образованию коксового слоя, который способствует затуханию пламенного горения и замедляет термическое разложение материала, переводя его в реакцию взаимодействия пористого коксового слоя с кислородом воздуха и тлеющего горения.

Тригидрат оксида алюминия (или тригидрат алюминия) является наиболее известным неорганическим замедлителем горения [10]. В начале XXI в. его свойства исследованы с использованием современных спектрометрических методов. В работе [11] выполнен термогравиметрический анализ данного антипирена, который показал, что материал имеет хорошую термическую стабильность, может выдержать температуру до 206 °С без деструкции. В работе Planes E. [12] отмечено, что алюминий тригидрат является популярным антипиреном, потому что дешевый и нетоксичен.

Важной с экологической точки зрения проблемой является токсичность продуктов термического разложения антипиренов. Что касается тригидрата алюминия, его существенным преимуществом является то, что продукты разложения этого антипирена при горении содержащих его материалов не загрязняют окружающую среду. Исследования Leisewitz [13] подтвердили, что применение тригидрата алюминия не вызывает проблем с токсикологической точки зрения.

В исследовании были изготовлены композиционные плиты теплоизоляционного назначения. В качестве наполнителя были использованы невозвратные пылевидные отходы прядения хлопкового и льняного волокна, связующее – фенолоформальдегидная смола СФЖ-3014. Расход связующего составлял 30% от массы растительного наполнителя. Плиты изготавливались по технологии древесноволокнистых плит мокрого способа производства [14] путем высушивания при температуре 80°С. Для изготовления разных партий композитов использовали в качестве модификатора растительного наполнителя однопроцентный раствор серной кислоты H₂SO₄ и антипирен Al(OH)₃ в количестве 20% от массы наполнителя. Состав образцов теплоизоляционных материалов представлен в табл. 1. Для образцов плитных материалов определялись физико-механические показатели, их значения приведены в табл. 2. В соответствии с нормативными требованиями [15], испытания проводились в установке «керамический короб» по ГОСТ Р 53292-2009. Результаты определения показателя приведены в табл. 3.

Испытание показало, что композиционный плитный материал из пылевидных отходов хлопка и льна и фенолоформальдегидного связующего СФЖ-3014 по показателю «степень повреждения по массе при горении» относится к группе горючести Г4.

Таблица 1. Состав теплоизоляционных материалов

Партия композитов	Связующее	Осадитель	Модификатор	Антипирен
1 Контрольная	СФЖ-3014	Al ₂ (SO ₄) ₃	-	-
2	СФЖ-3014	Al ₂ (SO ₄) ₃	1-% раствор серной кислоты H ₂ SO ₄	-
3	СФЖ-3014	Al ₂ (SO ₄) ₃	-	Al(OH) ₃

*Таблица 2. Результаты определения физико-механических свойств плит
(над чертой для плит из хлопка, под чертой для плит из льна)*

Предел прочности при изгибе $\sigma_{из}$, МПа	Разбухание по толщине, $R_{н}$, %	Водопоглощение, $W_{вд}$, %	Плотность, ρ , кг/м ³
С модификацией 1-% раствор серной кислоты H ₂ SO ₄			
0,50/0,56	3,65/3,23	200/120	326/327
Контрольная партия (без модификации)			
0,097/0,306	8,36/7,54	244/179	344/347
С тригидратом алюминия			
0,404/3,66	5,24/4,83	156/60	406/670

Таблица 3. Результаты определения горючести образцов

Показатель горючести	Партия композитов		
	1	2	3
Степень повреждения образцов по массе при горении, %	63,34/65,52	50,24/53,38	15,41/17,61

Использование в качестве антипирена тригидрат алюминия позволяет снизить потерю массы при горении композита до 15...18 %, при удалении пламени образцы не поддерживают горения. Данные по казатели соответствуют группе горючести Г1 (согласно статье 13 Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»).

Таким образом, для изготовления теплоизоляционных композиционных плитных материалов из невозвратных отходов производства хлопкового и льняного волокна рационально использовать тригидрат алюминия, что позволяет получить материал с продолжительностью самостоятельного горения 0 с, со степенью повреждения по массе не более 20 %; значения показателей отвечают группе горючести материалов Г1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон РФ от 22 июля 2008г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» - СПС Гарант, 2010.
2. Кислый В.В., Данилов В.В., Савченко Г.Т. Деревянные дома и применение новых строительных материалов в их производстве. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1987. 48 с.
3. Ходжаев Ш.А. Модифицированный арболит на основе отходов сельского хозяйства и промышленности: автореф. дисс. канд. техн. наук ... – Алма-Ата: Алма-Атинский архитектур.-строит. ин-т, 1990. – 22 с.
4. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. – М.: Стройиздат, 1980. – 399 с.

5. Yao F, Wu Q, Lei Y. Thermal decomposition kinetics of natural fibers: Activation energy with dynamic thermogravimetric analysis // *Polymer Degradation and Stability*. – 2008. – Vol. 93(1). – Pp. 90–98.

6. Rana A.K., Basak R.K., Mitra B.C., Lawther M., Banerjee A.N. Studies of acetylation of jute using simplified procedure and its characterization // *Journal of Applied Polymer Science*. – 1997. – Vol. 64. – Pp. 1517–1523.

7. Lewin M. Unsolved problems and unanswered questions in flame retardance of polymers // *Polymer Degradation and Stability*. – 2005. – Vol. 88. – Pp. 13–19.

8. Suardana NPG, Ku MS, Lim JK. Effects of diammonium phosphate on the flammability and mechanical properties of bio-composites // *Materials & Design*. – 2011. – Vol. 32(4). – Pp. 1990–1999.

9. Вахнина Т. Н., Сусоева И. В., Аносова Е. Б., Капранов А. В. Оценка термодеструкции лигноцеллюлозных наполнителей и композиционных материалов на их основе // *Известия КГАСУ*. – 2017. – №1. – С. 188–197.

10. Копылов В. В. Полимерные материалы с пониженной горючестью. – М.: Химия, 1986. – 224 с.

11. Pawan Rangdal, Pradeep H.N. Synthesis of aluminium trihydrate from kaolin through alkali dissolution method // *International Journal of Technical Research and Applications*. – 2015. – Vol. 3(4). – Pp. 182–184.

12. Planes, E., Chazeau, L., Vigier, G., Fournier, J., Royaud, I.S. Influence of fillers on mechanical properties of ATH filled EPDM during ageing by gamma irradiation // *Polymer Degradation and Stability*. – 2010. – Vol. 95. – Pp. 1029–1038.

13. Leisewitz A, Kruse H, Schramm E. Substituting environmentally relevant flame retardants: assessment fundamentals. Results and summary overview. Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt). – 2001.

14. ГОСТ 4598-86. Плиты древесноволокнистые. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 2003. – 10 с.

15. ГОСТ 30244-94. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть. – М.: Издательство стандартов, 2006. – 16 с.

УДК 614.84

С. А. Сырбу, А. Х. Салихова, М. В. Винокуров

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЕКОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЕ, ОБРАБОТАННЫХ АНТИПИРЕНАМИ

Проблема придания огнезащитных свойств синтетическим текстильным материалам для декора помещений является актуальной. В данной работе проведена разработка эффективного метода огнезащитной обработки полиэфирных тканей компо-

зициями на основе коммерческих препаратов Пекофлам, Пироватекс и исследование показателей пожарной опасности образцов тканей с эффектом огнезащиты.

Ключевые слова: огнезащитный состав, испытание образцов ткани, полиэфирные ткани, пожарная опасность, воспламеняемость.

S. A. Syrbue, A. H. Salikhova, M. V. Vinokurov

DEVELOPMENT FIREPROOF FORMULATION FOR FABRICS FOR DECORATIVE PURPOSES

The problem of imparting fire-retardant properties of synthetic textile materials for decoration of premises is relevant. In this paper, we develop an effective method for flame-retardant processing of polyester fabrics with compositions on the basis of commercial preparations Pecoflam, Pyrovatex and study of fire hazard indices of tissue samples with the effect of fire protection.

Keywords: flame retardant, the test specimens of fabric, polyester fabric, fire hazard, flammable.

Большая часть производимых волокон и текстильных материалов легко воспламеняемы и горючи. Во время пожара ткани легко загораются и быстро распространяют пламя. Особенно опасно применение ковров и ковровых покрытий на путях эвакуации, использование тканей в качестве декораций и занавесов в театрально-зрелищных мероприятиях. Возгорание текстильных материалов является причиной большого количества пожаров в жилых и общественных зданиях. В связи с тем, что в последнее время все чаще применяются новые полимерные материалы и ткани в отделке помещений, увеличилась токсичность и плотность образуемого при горении дыма. Доля погибших в результате отравления продуктами горения и термического разложения при пожарах с такими тканями превышает 60 %. Поэтому 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 воспламеняются, способствуют распространению пламени и при горении выделяют большое количество дыма и газов.

Снижение пожарной опасности тканевых материалов - основная задача, которую необходимо решать и производителям текстильных материалов, и специалистам, проводящим научные исследования в области обеспечения пожарной безопасности объектов. В результате обработки эффективными средствами огнезащиты исключается возможность загорания текстильных материалов от малокалорийных источников зажигания, снижается способность распространения пламени по поверхности, снижается дымообразующая способность, токсичность продуктов горения.

Основной целью нашей работы явилась разработка огнезащитной композиции для ткани декоративного назначения - полиэстер (полиэфирное волокно).

Актуальность работы заключается в том, что в настоящее время не существует способа огнезащиты декоративных материалов из полиэстера, в котором оптимально сочетались бы цена и качество.

Задачами нашего исследования являются:

- подбор составов огнезащитных композиций;
- разработка методик нанесения огнезащитных композиций;
- определение кислородного индекса обработанных образцов ткани;
- проведение испытаний на воспламеняемость и классификация ткани, обработанной огнезащитным составом.

Полиэстер - синтетический материал из полиэфирных волокон. (Плотность: 130-350 гр/м²).

Достоинства полиэстера - незначительная сминаемость, отличная свето- и атмосферостойкость, высокая прочность, хорошая стойкость к истиранию и к органическим растворителям; недостатки - трудность крашения, сильная электризуемость, жесткость - устраняется химическим модифицированием.

В работе были предложены антипирлирующие составы на основе коммерческих препаратов Пекофлам и Пироватекс. Концентрация обоих препаратов составила 400 г/л воды. В огнезащитные композиции на основе Пекофлама и Пироватекса были добавлены «Ковелос» и Тефлон (соответственно по 1 масс. %):

Состав №1 «Раствор Пироватекса»

- 400 г препарата Пироватекс;
- 1000 г H₂O.

Состав №2 «Раствор Пироватекса с добавлением 1 масс. % Ковелоса (диоксида кремния)»

- 400 г препарата Пироватекс;
- 1000 г H₂O;
- 1 масс. % от массы раствора порошка Ковелоса.

Состав №3 «Раствор Пироватекса с добавлением 1 масс. % Тефлона»

- 400 г препарата Пироватекс;
- 1000 г H₂O;
- 1 масс. % от массы раствора порошка Тефлона.

Состав №4 «Раствор Пекофлама»

- 400 г препарата Пекофлам;
- 1000 г H₂O.

Состав №5 «Раствор Пекофлама с добавлением 1 масс. % Ковелоса (диоксида кремния)»

- 400 г препарата Пекофлам;
- 1000 г H₂O;
- 1 масс. % от массы раствора порошка Ковелоса.

Состав №6 «Раствор Пекофлама с добавлением 1 масс. % Тефлона»

- 400 г препарата Пекофлам;
- 1000 г H₂O;
- 1 масс. % от массы раствора порошка Тефлона.

Перед нанесением огнезащитных композиций образцы тканей в течение 72 часов выдерживали в воде, меняя ее каждые 24 часа, высушивали, Обрабатывали горячим паром.

Далее образцы тканей помещали в растворы антипирирующих составов и выдерживали в течение 30 минут в ультразвуковой ванне, нагревая до температуры 65°C. После чего образцы отжимали и подвергали термофиксации при температуре 150°C в течение 15 минут. Следует отметить несколько особенностей обработки полиэстера разработанными составами. Частицы Ковелоса имели хорошую смачиваемость и были равномерно распределены по объёму огнезащитного состава. Частицы Тефлона имели низкую смачиваемость и в процессе обработки образцов ткани находились на поверхности обрабатываемого раствора. Характеристики ткани до и после обработки приводятся в табл. 1 и 2.

*Таблица 1. Характеристики образцов полиэстера после обработки
огнезащитными составами на основе Пироватекса*

№ состава	Начальная поверхностная плотность ткани, $\frac{г}{м^2}$	Полиэстер			
		Абсолютный привес, г	Привес, $\frac{г}{г}$	Привес, $\frac{г}{м^2}$	Привес, %
1	178,6	0,9	0,1	23,6	13,2
2	167,5	0,75	0,11	19,5	11,63
3	176,62	1,3	0,19	33,76	19,11

*Таблица 2. Характеристики образцов полиэстера после обработки
огнезащитными составами на основе Пекофлама*

№ состава	Начальная поверхностная плотность ткани, $\frac{г}{м^2}$	Полиэстер			
		Абсолютный привес, г	Привес, $\frac{г}{г}$	Привес, $\frac{г}{м^2}$	Привес, %
4	176,32	0,6	0,09	15,8	8,95
5	183,98	1,1	0,16	29,76	16,18
6	177,28	1,3	0,19	34,92	19,69

Анализ данных табл. 1 показывает, что образец, обработанный раствором Пироватекса с диоксидом кремния, имеет самое меньшее значение привеса, а образец, обработанный раствором Пироватекса с Тефлоном – самое большее.

Анализ данных табл. 2 показывает, что образцы полиэстера, обработанные составами, содержащими Тефлон, имеют большие значения привеса, а образцы полиэстера, обработанные раствором Пекофлама – наименьшее.

Как видно из таблиц 1 и 2 обработка всеми шестью предлагаемыми составами приводит к относительному привесу испытуемых образцов полиэфира от 9 до 20 %. Следует отметить, что это мало отражается на грифе жесткости ткани, а, следовательно, не мешает дальнейшему пошиву изделий. Испытания огнезащитных свойств образцов и последующая оценка результатов проводились в соответствии с ГОСТ Р 50810-95 «Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация» [2].

Результаты испытаний показали следующее.

Образец полиэстера, не обработанный огнезащитным составом сгорел полностью, расплавленные капли упали на слой хлопчатобумажной ваты и подожгли её.

Образцы полиэстера, обработанные огнезащитным составом на основе Пироватекса, соответствовали требованиям ГОСТ Р 50810-95 [2]. При воздействии источника зажигания образцы плавилась, но после удаления источника зажигания плавление прекращалось. Остаточного горения обнаружено не было. Высота оплавленного участка образца по основе составила 9 см, по утку 3 см. Образцы, обработанные огнезащитным составом на основе Пироватекса в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50810-95 [2] классифицируются как трудно-воспламеняемые.

Образцы полиэстера, обработанные огнезащитным составом на основе Пироватекса с диоксидом кремния, соответствовали требованиям ГОСТ Р 50810-95 [2]. При воздействии источника зажигания образцы загорелись, но после удаления источника зажигания горение и плавление прекращалось. Высота оплавленного участка образца по основе составила 7,5 см, по утку 2,8 см. Образцы, обработанные огнезащитным составом на основе Пироватекса в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50810-95 [2] классифицируются как трудно-воспламеняемые.

Образцы полиэстера, обработанные огнезащитным составом на основе Пироватекса с Тефлоном, соответствовали требованиям ГОСТ Р 50810-95 [2]. При воздействии источника зажигания образцы загорелись, но после удаления источника зажигания плавление прекращалось. Высота оплавленного участка образца по основе составила 8,2 см, по утку 7,1 см. Образцы, обработанные раствором Пироватекса с Тефлоном в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50810-95 [2] классифицируются как трудно-воспламеняемые.

Анализируя результаты экспериментов, можно сделать вывод, что высота оплавленного участка во всех трех случаях по основе больше, чем по утку.

Образцы полиэстера, обработанные огнезащитным составом на основе Пекофлама, соответствовали требованиям ГОСТ Р 50810-95 [2]. При воздействии источника зажигания образцы плавилась, но после удаления источника зажигания плавление прекращалось. Остаточного горения обнаружено не было. Высота оплавленного участка образца по основе составила 8 см, по утку 7,5 см. Образцы, обработанные огнезащитным составом на основе Пекофлама в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50810-95 [2] классифицируются как трудно-воспламеняемые.

Образцы полиэстера, обработанные огнезащитным составом на основе Пекофлама с Ковелосом, соответствовали требованиям ГОСТ Р 50810-95 [2]. При воздействии источника зажигания образцы плавилась, но после удаления источника зажигания плавление прекращалось. Остаточного горения обнаружено не было. Высота оплавленного участка образца по основе составила 8,3 см, по утку 10,5 см. Образцы, обработанные огнезащитным составом на основе Пекофлама с Ковелосом в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50810-95 [2] классифицируются как трудновоспламеняемые.

Образцы полиэстера, обработанные огнезащитным составом на основе Пекофлама с Тефлоном, соответствовали требованиям ГОСТ Р 50810-95 [2]. При воздействии источника зажигания образцы плавилась, но после удаления источника зажигания плавление прекращалось. Остаточного горения обнаружено не было. Высота оплавленного участка образца по основе составила 8,6 см, по утку 9,7 см. Образцы, обработанные огнезащитным составом на основе Пекофлама с Тефлоном в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50810-95 [2] классифицируются как трудновоспламеняемые.

В следующей части работы были определены значения кислородного индекса и скорости распространения пламени для образцов полиэстера, обработанных огнезащитными составами. Анализ полученных результатов определения кислородного индекса показывает, что композиции на основе Пироватекса обладают более высокой огнезащитной способностью по сравнению с композициями на основе Пекофлама, поскольку значения кислородного индекса, при котором обработанные образцы полиэстера горят, а не плавятся, для них выше.

Исходя из вышесказанного, для практического использования в качестве антипиряющих композиций можно рекомендовать композиции на основе Пироватекса.

Выводы:

1. Для полиэфирной ткани разработаны огнезащитные составы на основе коммерческих препаратов Пекофлам и Пироватекс.
2. Предложены методики нанесения огнезащитных композиций.

3. В соответствии с требованиями ГОСТ Р 50810-95 проведены испытания на воспламеняемость и классификация образцов ткани, обработанных огнезащитными составами.

4. Установлено, что требованиям ГОСТ Р 50810-95 из 6 предложенных композиций соответствуют все.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сырбу С.А., Бурмистров В.А., Самойлов Д.Б., Салихова А.Х. Разработка огнезащитных составов для текстильных материалов// Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» (<http://ipb.mos.ru/ttb>) Выпуск № 5 (39) – октябрь 2011 г.

2. ГОСТ Р 50810-95 Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация.

УДК 546

Н. А. Таратанов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В работе проведено комплексное исследование композиционных материалов для обеспечения пожарной безопасности. Полученные в работе полимерные композиционные материалы могут найти применение в области пожарной безопасности для получения сенсоров (служить основой для датчиков сверхраннего обнаружения пожаров), одним из компонентов для создания радиопоглощающих и отражающих покрытий, а так же добавка специальных тканей с пониженной горючестью.

Ключевые слова: наночастицы, синтез наночастиц, структура наночастиц, свойства наночастиц.

N. A Taratanov

THE STUDY OF COMPOSITE MATERIALS TO ENSURE FIRE SAFETY

In the work conducted kompleksnoe the study of composite materials to ensure fire safety. The obtained polymer composites can find application in the field of fire safety to obtain the sensors (to serve as the basis for sensors, very early fire detection), one of the components to create a radar absorbing and reflecting coatings and additive fibers with reduced Flammability.

Keywords: nanoparticles, nanoparticle synthesis, nanoparticle structure, nanoparticle properties.

С целью создания материалов с заданными свойствами базовые полимеры смешивают с другими веществами. Как правило, современные полимерные материалы являются многокомпонентными системами, в которых наряду с полимерной основой присутствуют различные добавки. Содержание добавок в полимерной композиции может изменяться в очень широких пределах. В зависимости от поставленной задачи, вида добавки и природы полимера оно может составлять от долей процента до 60 %.

Возможность совмещения в одном материале свойств полимера и металлов, а также регулирование этих свойств посредством концентрационных изменений, обсуждается достаточно давно. Материалы, состоящие из нескольких компонентов и имеющие гетерофазную структуру с поверхностью раздела фаз, называются **композитами**. Композиционные материалы, имеющие полимерную непрерывную фазу, являющуюся матрицей, и одну или несколько дисперсных фаз, называются полимерными композитами [1-7].

Целью данной работы явилось, разработка метода получения и исследование структуры композиционного наноматериала, представленного железосодержащими наночастицами, локализованными в объеме матрицы полиэтилена высокого давления (ПЭВД) для обеспечения пожарной безопасности.

Главной задачей при получении наночастиц металлов, из-за их высокой активности, является их стабилизация. Возможность совмещения в одном материале свойств полимера и металлов, а также регулирование этих свойств посредством концентрационных изменений, обсуждается достаточно давно.

Получение железосодержащих наночастиц осуществлялось разложением формиата железа, в качестве растворителя для формиата железа (III) была использована муравьиная кислота. Термическое разложение формиата железа осуществлялось в токе аргона в раствор-расплаве полимер-масло (рис. 1).

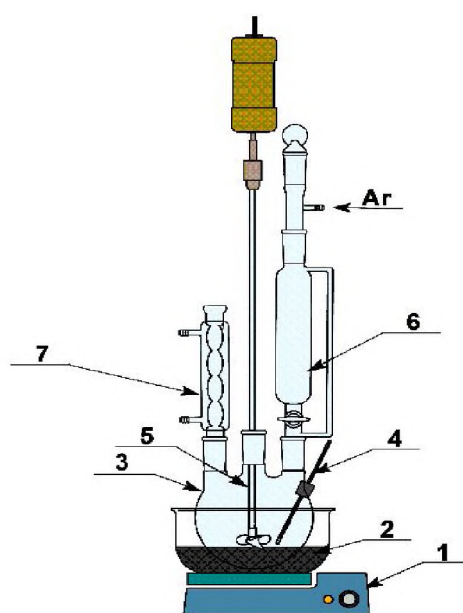


Рис. 1. Схема лабораторной установки для синтеза композиционных материалов на основе наночастиц металлов и полимерных органических матриц: 1, 2 – электрический колбонагреватель; 3 – стеклянный реактор (3–4х горлая колба); 4 – термометр; 5 – высокоскоростная электрическая мешалка; 6 – капельная воронка; 7 – холодильник

В качестве полимерной матрицы был использован полиэтилен высокого давления, концентрация железа в композиционных материалах составляла от 20 до 40 масс.% с шагом 10 масс. %. Температура, при которой происходило введение раствора формиата железа составляла 300°C. В качестве «растворителя» для полимеров было использовано очищенное веретенное масло.

Скорость подачи инертного газа (аргона) регулировалась, чтобы обеспечить быстрое и полное удаление лигандов и растворителя из реактора.

В расплав полимеров вводили расчетное количество формиата железа при интенсивном перемешивании. Причем ввод раствора формиата железа в реактор осуществлялся порционно не более 0,5 мл за один раз (временной интервал между порциями был не менее 1 минуты), по причине «взрывного» механизма разложения исходного соединения. Механизм термического разложения формиата железа (Fe(HCOO)₃) можно представить следующим образом:



Образовавшиеся композиты отделяли от масла при помощи экстракции, многократной промывкой бензолом в аппарате Сокслетта. Материалы высушивали и хранили до начала исследований на воздухе. Полученные образцы представляют собой порошки, их цветовая гамма находится в интервале от серого до черного в зависимости от концентрации металла в матрице.

Состав синтезированных наночастиц определялся при помощи рентгенофазового анализа. Из полученных дифрактограмм исследуемых образцов (рис. 2) наблюдаются характерные максимумы Fe₃O₄ и Fe₂O₃. Преобладающей фазой является Fe₃O₄, как это видно из дифрактограмм.

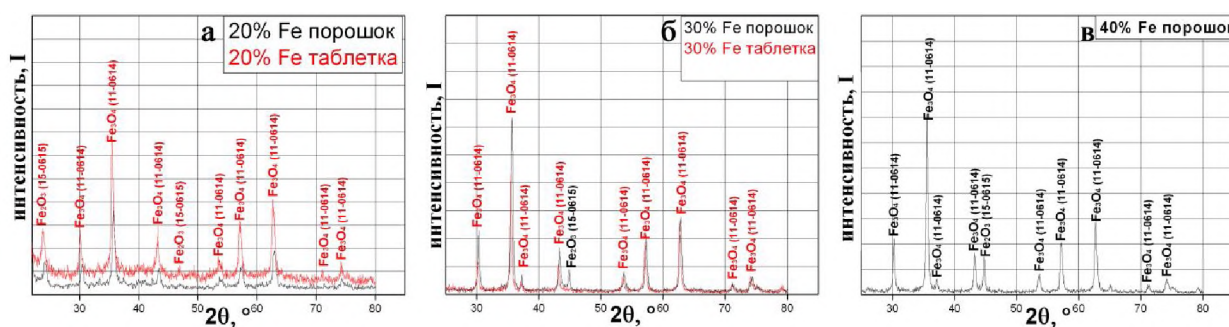


Рис. 2. Дифрактограммы полученных железосодержащих образцов в матрице ПЭВД

Анализ микрофотографий полученных при помощи просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) свидетельствует о наличии в синтезируемых материалах наночастиц, средний размер частиц составляет 7.0±0.2 нм.

Далее в работе были исследованы электрофизические свойства композита. Плотность порошка измерялась методом пикнометрического взвешивания посредством пикнометра ПЖ-25 и лабораторных аналитических весов OHAUS Explorer 210.

Изготовление блочных образцов для исследования электрофизических характеристик производилось методом прессования предварительно нагретого материала. Стальная пресс-форма с порошком композита нагревалась в муфельной электропечи МИМП-3 до температуры 250°C со скоростью 10°C/мин, выдерживалась при рабочей температуре в течение 30 мин, и затем помещалась под ручной винтовой пресс с усилием прессования 6 кН. Охлаждение производилось под прессом с естественной скоростью в комнатных условиях. В результате получались блочные образцы диаметром 20 мм, толщиной 1...2 мм однородные по плотности с гладкой поверхностью.

Для измерений диэлектрической проницаемости использована емкостная ячейка с круглыми плоскими электродами диаметром 25 мм. Измерение емкости ячейки производилось мостовым методом с помощью цифровых измерителей LCR E7-8 (рабочая частота 1 кГц) и E7-12 (рабочая частота 1 МГц).

Измерение удельного объемного сопротивления производилось электрометрическим вольтметром В7Э-42, имеющий в своем составе источник измерительных напряжений. Ячейка с образцом помещалась в экранированную измерительную камеру, входящую в комплект вольтметра. Прибор позволяет измерять сопротивления в диапазоне $10^3 \dots 10^{18}$ Ом, диапазон рабочих напряжений 0.1 ... 1000 В.

Методика измерения коэффициентов отражения и ослабления основана на измерении отношений прошедшей и отраженной мощностей к падающей мощности в тракте, содержащем исследуемый материал. Измерения производились посредством измерителя КСВН и ослаблений Р2-65 на частоте 30 ГГц с волноводным трактом. Измерительная ячейка представляла собой квазиоптический тракт, состоящий из волноводных рупоров. Образец исследуемого материала располагался между передающим и приемным рупорами.

Известно, что нанокompозиты на основе железосодержащих наночастиц в полиэтиленовой матрице обладают выраженными поглощающими свойствами в СВЧ диапазоне [8]. Поглощение СВЧ мощности такими материалами может достигать 20 дБ/см при содержании железа в композите до 30 масс. %.

Характерной особенностью таких материалов является их высокое удельное объемное сопротивление ($10^{11} - 10^{12}$ Ом·м). Снижение удельного объемного сопротивления материала может способствовать увеличению поглощающей способности в СВЧ диапазоне. В настоящей работе достигнуто снижение удельного объемного сопротивления материала до величины 40 Ом·м (для блочного образца с 30 масс.% Fe).

В таблице приведены величины коэффициента отражения и ослабления на частотах 25 и 30 ГГц при измерениях в волноводе, сечение которого заполнено исследуемым материалом.

Таблица. Значения коэффициентов ослабления и отражения для нанокompозитов на частотах 25 и 30 ГГц

Коэффициент отражения		Коэффициент ослабления, дБ/см	
25 ГГц	30 ГГц	25 ГГц	30 ГГц
0.61	0.53	40	45

Для нанокompозита на основе Fe-содержащих наночастиц, стабилизированных в матрице полиэтилена высокого давления, на частоте 30 ГГц получены значения коэффициента ослабления 45 дБ/см и коэффициента отражения 0.53. Этот образец содержит ферромагнитные наночастицы и его удельное объемное сопротивление равно 40 Ом·м, таким образом, высокое значение коэффициента ослабления вызвано потерями на электропроводность, а высокий коэффициент отражения связан с относительно высокой поверхностной проводимостью.

Заключение

Основываясь на литературные данные можно сделать вывод, что стабилизация наночастиц в объеме и на поверхности полимерных матриц – интенсивно развивающееся направление нанотехнологии. Это связано с тем, что такие наночастицы остаются доступными для реагентов извне и сохраняют основные физические характеристики.

В ходе выполнения работы разработана методика синтеза композиционных материалов, на основе Fe-содержащих наночастиц в матрице полиэтилена высокого давления (ПЭВД). Определены оптимальные условия синтеза наночастиц, и изучена возможность варьирования размеров наночастиц в ходе экспериментов. Осуществлена попытка определения размера, структуры, наночастиц, стабилизированных полиэтиленом, с помощью современного набора физико-химических методов: РФА, ПЭМ и др. Показано, что образующиеся наночастицы, в ряде случаев, имеют сложный состав (наряду с металлическим ядром имеют окисленную оболочку).

Измерены магнитные и электрофизические свойства полученных металлополимерных композиций. Измерены электропроводность и диэлектрическая проницаемость полученных материалов и исследованы их зависимости от концентраций металлсодержащей компоненты.

Полученные в данной работе результаты заложили основу для дальнейших успешных работ по созданию нового типа материалов, содержащих наночастицы в объеме полимерной матрицы.

Таким образом, современная наука о полимерах позволяет конструировать на их основе материалы с заданными свойствами, отличающимися на несколько порядков. Достигается это путем создания композиционных материалов с использованием различных ингредиентов.

Полученные в работе полимерные композиционные материалы могут найти применение в области пожарной безопасности для получения сенсоров (служить основой для датчиков сверххранного обнаружения пожаров), одним из компонентов для создания радиопоглощающих и отражающих покрытий, а так же добавка специальных тканей с пониженной горючестью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аскадский А.А.* Компьютерное материаловедение полимеров / А.А. Аскадский, В.И. Кондращенко. - М.: Научный мир, 1999. - 544 с.
2. *Батаев А.А.* Композиционные материалы: строение, получение, применение: учебник / А.А. Батаев, В.А. Батаев. - Новосибирск: Изд. НГТУ, 2002. - 384 с.
3. *Берлин А.А.* Принципы создания композиционных полимерных материалов / А.А. Берлин, С.А. Вольфсон, В.Г. Ошмян, Н.С. Ениколопов. - М.: Химия, 1990. 238 с.
4. *Власов С.В.* Основы технологии переработки пластмасс: учебник для вузов / С.В. Власов, Л.Б. Кандырин, В.Н. Кулезнев и др. - Чебоксары: ГУП ИПК Чувашия, 2004. - 596 с.
5. Наполнители для полимерных композиционных материалов: справочное пособие / Пер. с англ. под ред. П.Г. Бабаевского. - М.: Химия, 1981. - 736 с.
6. Интернет ресурс: http://otherreferats.allbest.ru/manufacture/00051520_0.html.
7. *Козинкин А.В., Подсухина С.С., Власенко В.Г., Юрков Г.Ю., Таратанов Н.А., Бирюкова М.И., Зубавичус Я.В.* Атомное строение наночастиц золота стабилизированных в полиэтилене / Перспективные материалы. 2016. №10. С. 56-61.
8. *Юрков Г.Ю., Фионов А.С., Кокшаров Ю.А., Колесов В.В., Губин С.П.* Неорганические материалы. 2007. Т. 43. № 8. С. 936-947.

УДК 661.174

А. А. Устинов, Р. А. Гавахунова, О. А. Зыбина

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

МОДИФИКАЦИЯ ИНТУМЕСЦЕНТНЫХ СОСТАВОВ УГЛЕРОДНЫМИ КАРКАСНЫМИ СТРУКТУРАМИ

В статье рассмотрена способность фуллеренов, нанотрубок и интеркалированного графита, введенного в огнезащитную вспучивающуюся композицию, повышать

эксплуатационные характеристики классических вспучивающихся покрытий, предназначенных для огнезащиты строительных конструкций.

Ключевые слова: огнезащита, интумесцентные композиции, вспучивающиеся составы, углеродные наноструктуры, фуллерены, нанотрубки, графит.

A. A. Ustinov, R. A. Gavakhunova, O. A. Zybina

MODIFICATION OF INTUMESCENT COMPOSITIONS WITH CARBON WIREFRAME STRUCTURES

The article overviews the ability of fullerenes, nanotubes and intercalated graphite, which are added to the fire-protective swelling composition, to increase the operational properties of classical swelling coatings for ensuring the fire protection of building constructions.

Keywords: fire protection, intumescent compositions, swelling compositions, carbon nanostructures, fullerenes, nanotubes, graphite.

Проблема пожарной безопасности зданий и сооружений всегда являлась, и еще долгое время будет являться актуальной. Важную роль в обеспечении общей пожарной безопасности играет огнезащита строительных конструкций, которая, в основном, представляет собой обработку их поверхностей специальными составами. Одним из наиболее распространенных способов повышения огнестойкости строительных конструкций является огнезащита с использованием интумесцентных (вспучивающихся) покрытий. В состав таких покрытий входят вещества, способные при воздействии высоких температур образовывать на защищаемой поверхности теплостойкий пористый слой (пенококк), который выступает в качестве физического барьера против неблагоприятных факторов пожара [1]. В большинстве случаев применяются вспучивающиеся составы на основе тройной интумесцентной композиции, включающей меламина (МА), пентаэритрит (ПЭ), полифосфат аммония (ПФА) [2].

Из всех типов строительных конструкций наиболее проблемными с точки зрения огнезащиты являются металлоконструкции, поскольку к ним предъявляются повышенные требования по огнестойкости, а «средство» огнезащитных составов к металлоконструкциям хуже, чем к деревянным или полимерным конструкциям. Для последних также отсутствует проблема адгезии пенококсового слоя к защищаемой поверхности, в то время как металл, нагретый в условиях пожара до температуры выше 600°C, «отторгает» огнезащитное покрытие, оголяется и прогревается, что ведет к потере металлоконструкцией своей несущей способности.

Также стоит отметить, что пенококсовый слой сам по себе может не обеспечить требуемого предела огнестойкости, поскольку при длительном воздействии неблагоприятных факторов пожара он быстро выгорает и возгоняется.

Очевидно, что в рамках указанных выше проблем, для обеспечения должной огнестойкости металлоконструкций требуются интумесцентные составы с улучшенными эксплуатационными свойствами. Однако в случае традиционных рецептур интумесцентных составов добиться повышения эффективности их действия может быть затруднительным. Поэтому особое внимание стоит уделить корректировке рецептур огнезащитных композиций в сторону введения специальных добавок, избирательно влияющих на свойства самой композиции и образующегося из нее пенококса путем химических и механических взаимодействий. Соответственно, целью данной работы был поиск подобных модифицирующих добавок и сравнительный анализ их влияния на свойства интумесцентных покрытий.

Особый интерес в вопросе модификации вспучивающихся композиций представляет использование для этой цели углеродных наноструктур, на которые в настоящее время повсеместно направлено внимание различных областей науки и техники. Частицы углеродных наноструктур имеют размеры в диапазоне от 1 до 100 нм, по крайней мере, в одном измерении [1].

В качестве перспективного наноразмерного наполнителя огнезащитных вспучивающихся композиций в настоящее время рассматриваются углеродные нанотрубки (УНТ) и фуллерены [3]. Данные материалы характеризуются исключительно высокой степенью анизотропии и прочностными характеристиками, превосходя по данным показателям другие известные виды дисперсных и волокнистых наполнителей. Введение углеродных нанодобавок в состав композиции способствует повышению эффективности огнезащитных интумесцентных материалов в условиях теплофизического режима, характерного для пожара. Известны исследования [4], которые показывают, что введение нанодобавок в состав огнезащитной композиции способствует повышению устойчивости материала к механическим и физическим воздействиям по сравнению с аналогичными материалами, не содержащими углеродные каркасные структуры (УКС). Стоит отметить, что среди УКС для модификации интумесцентных композиций наиболее предпочтительны астралены, поскольку они образуют более стабильные системы при введении в композицию и менее склонны к агломерации, в отличие от фуллеренов и нанотрубок.

Каталитическая активность углеродных нанодобавок в интумесцентных системах может быть обусловлена комплексом свойств – это размерные и поверхностные, а также, предположительно, термоэмиссионные и концентрационные эффекты. Кроме того, углеродные каркасные структуры повышают прочностные и адгезионные свойства интумесцентного материала в результате его армирования [1]. Однако необходимо отметить высокую стоимость чистых фуллеренов, нанотрубок и астраленов. Поэтому целесообразным является применение фуллеренсодержащей сажи в качестве добавки к интумесцентным композициям, поскольку по своей сути она является побочным продуктом син-

теза УКС, соответственно ее цена сравнительно невысока, а содержание различных углеродных наноструктур в ней велико.

Альтернативу дорогостоящим УКС на сегодняшний день составляют интеркалированный графит (ИГ) и его производное – терморасширенный графит (ТРГ), стоимость которых на несколько порядков ниже, а эффекты от введения в огнезащитную композицию, как будет показано далее, соизмеримы с эффектами от введения фуллеренов и нанотрубок.

Интеркалированные графиты различных видов (различной степени внедрения) широко применяются в огнезащитных материалах как самостоятельный интумесцентный компонент [5]. Они могут быть получены действием серной или азотной кислоты на кристаллический графит, в присутствии дополнительного окислителя, например, перекиси водорода. Подобные графиты получают также электрохимическим методом. Интеркалированный графит относительно недорог и доступен в диапазоне различных температур расширения. Он сохраняет характеристики теплостойкости твердого графита и расширяется в достаточной степени, чтобы быть использованным в огнезащитных составах вспучивающегося типа.

В интумесцентных композициях, как правило, используются графиты, начинающие вспучивание в сравнительно низком интервале температур – примерно 160-180 °С. В классическом варианте ИГ содержится в рецептуре в количестве 6-30 % по весу. Чем больше в составе композиции ИГ, тем сложнее обеспечить достаточные прочностные свойства пенококса. Известны составы [6], в которых ИГ удерживается от обрушения интумесцентной триадой: полифосфат аммония (ПФА) – меламин (МА) – пентаэритрит (ПЭ), при термолитизе которой образуется смола, связывающая расширившийся интеркалированный графит.

Кроме того, нами был найден еще один способ применения интеркалированного графита: он может добавляться в огнезащитные вспучивающиеся композиции в небольших количествах как компонент, повышающий эксплуатационные характеристики интумесцентного покрытия – кратность пенококса, его механическую прочность, термостойкость, адгезию к защищаемому субстрату. Сходство поверхностной электронной структуры графеновых слоев ИГ с таковой у углеродных нанотел позволяет сделать предположение о близком характере каталитического влияния данных объектов на процесс термолитического синтеза теплоизолирующих пенококсовых слоев интумесцентного материала.

Рассмотрим характер влияния УКС и терморасширенного графита на показатели вспучивающегося огнезащитного покрытия. ИГ в исходном виде не использовали, чтобы исключить его интумесцентный вклад в процесс формирования пенококса, отсутствующий у нанотел.

Углеродные структуры (табл. 1-2) вводили в состав сертифицированной водно-дисперсионной огнезащитной краски для металлоконструкций.

*Таблица 1. Характеристика
смесевой сажи фуллеренов C₆₀₋₇₀*

Диаметр частиц, нм	0,72 – 0,75
Плотность, г/см ³	1,65

В качестве ТРГ использовали интеркалированный графит марки АДТ 351, подвергнутый расширению в муфельной печи при температуре 600 °С.

Результаты сравнительных испытаний интумесцентных композиций с УКС приведены в табл. 3-4.

Отсутствие адгезионного или смешанного характера разрушения (табл. 3) при отрыве покрытия свидетельствует о том, что адгезионная прочность сцепления покрытия с подложкой больше удельного усилия отрыва. Такое явление наблюдается в случае с образцами, содержащими УНТ и фуллерены C₆₀₋₇₀. При введении ТРГ значения адгезии также возрастают, хотя и в меньшей степени. Такая же зависимость наблюдается и для адгезии пенококса к металлической пластине (табл. 4), которую определяли методом обратного удара по пластине. Массовая доля осыпавшегося кокса характеризовала сцепление последнего с подложкой.

*Таблица 2. Характеристика УНТ
производства «Nano Tech Centre»*

Внешний диаметр, нм	8 – 15
Внутренний диаметр, нм	4 – 8
Длина, мкм	2 и более
Термостабильность, °С	600
Активная поверхность, м ² /г	300 – 320
Плотность, г/см ³	0,03 – 0,05

*Таблица 3. Результаты исследования характеристик исходного покрытия:
адгезии методом нормального отрыва и микротвердости по Бухгольцу*

№	Тип УКС	Содержание, %	Адгезия, мПа; характер отрыва	Значение микротвердости
1	-	0	1,5 адгезионный	73
2	C ₆₀₋₇₀	0,7	2,5 когезионный	81
3	УНТ	0,7	3,0 когезионный	86
4	ТРГ	0,7	1,8 смешанный	80

*Таблица 4. Доля сохранившегося пенококса на поверхности субстрата
после механического воздействия методом обратного удара*

№	Тип УКС	Содержание, %	Доля сохранившегося пенококса, %
1	-	0	45
2	C ₆₀₋₇₀	0,7	87
3	УНТ	0,7	93
4	ТРГ	0,7	64

Все полученные данные иллюстрируют повышение эксплуатационных характеристик вспучивающихся покрытий в присутствии УКС, в том числе и ТРГ. Таким же образом работают и небольшие (до 3%) добавки ИГ. Меньшая эффективность терморасширившегося графита по сравнению с УКС объясняется отсутствием стерической регулярности монослоев в отличие от высоко организованных нанотел.

Выводы: углеродные каркасные структуры (УКС) – наиболее перспективные структурирующие и армирующие агенты, введение которых в состав композиции способствует повышению эффективности огнезащитных интумесцентных материалов в условиях теплофизического режима, характерного для пожара. Углеродные каркасные структуры, к которым с определенными допущениями можно отнести интеркалированный и терморасширенный графиты, проявляют каталитическую активность в отношении протекающих в ходе термолитического синтеза пенококсового слоя химических реакций.

Нами было установлено, что интеркалированный и терморасширенный графиты, как и нанодобавки, (правда в больших количествах, чем УКС) увеличивают кратность, прочность, упругость, плотность и однородность коксового слоя благодаря строению их поверхности, составляемой шестигранными циклами с чередующимися σ - и π -связями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зыбина О.А.* Проблемы технологии коксообразующих огнезащитных композиций/ О.А. Зыбина, А.В. Варламов, С.С. Мнацаканов – Новосибирск: ЦРНС, 2010. – 50 с.
2. *Зыбина О.А.* Специфические реакции ингредиентов в огнезащитных вспучивающихся лакокрасочных композициях/ О.А. Зыбина, И.Е. Якунина, О.Э. Бабкин, С.С. Мнацаканов, Е.Д. Войнолович// Лакокрасочные материалы и их применение. – 2014. – № 12. – С.30-33.
3. *Ненахов С.А.* Влияние наполнителей на структуру пенококса на основе полифосфата аммония/ С.А. Ненахов, В.П. Пименова, Л.И. Натейкина// Пожаровзрывобезопасность. – 2009. – Т.18, №8. – С.51-58.
4. *Завьялов Д.Е.* Реакции в огнезащитных вспучивающихся красках в присутствии углеродных нанотел/ Д.Е. Завьялов, К.В. Нечаев, О.А. Зыбина, О.Э. Бабкин, С.С. Мнацаканов// Лакокрасочные материалы и их применение. – 2012. – № 10. – С. 38-39.
5. *Дудеров Н.Г.* Термоокислительная деструкция вспучивающихся графитов / Дудеров Н.Г., Ю.К. Нагановский и др. // Пожарная опасность материалов и средства огнезащиты: Сб. науч. тр. – М : ВНИИПО, 1992. – С.7-9.
6. *Завьялов Д.Е.* Огнезащитные вспучивающиеся композиции на основе интеркалированного графита / Д.Е. Завьялов, О.А. Зыбина, С.С. Мнацаканов, Н.С. Чернова, А.С. Варламов // Химическая промышленность. –2009.– Т.86, № 8. – С.414-417.

УДК 544.614

В. П. Чистяков^{*}, *Ю. С. Русаков*^{***}, *И. И. Манило*^{*}, *В. И. Зыков*^{**},
К. С. Кондратов^{***}, *В. П. Воинков*^{*}

^{*} ФГОУ ВО Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени
Т.С. Мальцева

^{**} ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

^{***} Главное управление МЧС России по Курганской области

АНАЛИЗ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В статье приводятся результаты анализа состава летучих продуктов пиролиза полиэтилена и полипропилена, которые были определены на газовом хроматографе АНК-АТ-310-03.

Ключевые слова: горячее вещество, пиролиз, полимер, температура, массовая скорость.

V. P. Chistyakov, Y. S. Rusakov, I. I. Manilo, V. I. Zykov, K. S. Kondratov, V. P. Voinkov

ANALYSIS OF COMBUSTION PRODUCTS OF MATERIALS MADE ON THE BASIS OF HIGH MOLECULAR COMPOUNDS

The article presents the results of the analysis of composition of volatile organic pyrolysis products of polyethylene and polypropylene, which were determined on a gas chromatograph ankat-310-03.

Keywords: hot stuff, pyrolysis of the polymer, temperature, mass rate.

Твердые горючие вещества являются наиболее распространенными веществами на пожаре. Их горение представляет собой более сложный процесс, чем горение жидкостей. Существенное влияние на горение твердых веществ оказывает их химический состав и молекулярное строение. Учитывая, что прочность связи атомов в твердых телах значительно больше, чем в жидкостях, их теплоты газификации в 2-7 раз превышают удельные теплоты парообразования. Поэтому для обеспечения пиролиза температура поверхности твердых тел должна быть не менее 270-450 °С [1]. Например, для твердого полиэтилена теплота газификации составляет 2,32 кДж/г.

К твердым горючим веществам относятся синтетические высокомолекулярные соединения (ВМС), которые по поведению при нагревании делят на две группы – термопластичные и терморреактивные.

Термоактивные полимеры, имея сетчатую структуру, при нагревании не плавятся, а разлагаются с образованием летучих веществ и углистого остатка. В отличие от них термопластичные при повышении температуры размягчаются и плавятся с последующим разложением [2].

При проведении исследований с учетом основных положений [3, 4] изучался состав летучих продуктов разложения термопластов полиэтилена и полипропилена при нагревании в муфельной печи с отбором продуктов разложения. Температуру в печи измеряли двумя термометрами, показания которых усредняли. Образцы полиэтилена и полипропилена размером 100x50x5 мм помещали на фарфоровую пластинку опыт проводили от комнатной температуры до температуры воспламенения образца. Отбор пробы летучих продуктов начали при температуре в печи выше 130 °С.

Летучие и газообразные продукты разложения анализировали с помощью газоанализатора «АНКАТ-310-03», который предназначен для измерения объемной доли кислорода, оксида углерода (II), оксида серы (IV), оксида азота (II), давления разряжения, температуры анализируемой и окружающей среды.

Летучие продукты пиролиза и горения определялись на газовом хроматографе «Хром-5» чехословацкого производства, который предварительно калибровался по каждому компоненту, по высоте пика на хроматограмме интегратор рассчитывал содержание продуктов горения. В табл. 1 приведен состав летучих продуктов разложения полиэтилена и полипропилена, % объемные.

Таблица 1. Состав летучих продуктов разложения полиэтилена и полипропилена

Вещество	Полиэтилен	Полипропилен
Этан	0,13	0,21
Бутан	0,29	1,32
Пропан	0,14	0,36
Ацетилен	-	0,16
Пентан	0,11	2,74
Гексан	0,02	0,15
Гептан	0,01	-
Октан	-	2,4

На состав летучих продуктов влияет массовая скорость выгорания ВМС. Её можно рассчитать (оценочно) по уравнению [1]:

$$V_M = (q_{ПП} - q_{ПТ}) / L_T, \quad (1)$$

где $q_{ПП}$ – интенсивность теплового потока от пламени к поверхности, кВт/м²; $q_{ПТ}$ – интенсивность теплопотерь от поверхности, кВт/м²; L_T – удельная теплота газификации.

В табл. 2 приведены массовые скорости и теплоты газификации полиэтилена и полипропилена [1].

*Таблица 2. Массовая скорость и теплота газификации
полиэтилена и полипропилена*

Горючее вещество	Теплота газификации, кДж/г	Массовая скорость выгорания, г/м ² ·с
Полиэтилен	2,0-3,1	14
Полипропилен	1,8-3,6	14

В проведенных исследованиях присутствие летучих веществ, содержащих молекулы ароматических углеводородов, не обнаружено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марков В.Ф., Маскаева Л.Н., Миронов М.П., Пазникова С.Н. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: Учебное пособие / Под ред. В.Ф. Маркова. – Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – 274 с.
2. Абдурагимов И.М. Процессы горения. – М.: ВИПТШ, 1984. – 268с.
3. Баратов А.Н. Пожарная безопасность строительных материалов / А.Н. Баранов, Р.А. Андрианов. – М.: Стройиздат, 1988. – 264 с.
4. Монахов В.Т. Показатели пожарной опасности веществ и материалов. Анализ и предсказания. Газы и жидкости. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2007. – 248 с.

УДК 614.841.412

Е. В. Ширяев

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

О ВЛИЯНИИ ГРАНУЛИРОВАННОЙ ПОДЛОЖКИ ИЗ ПЕНОСТЕКЛА НА ЗОНУ РЕАКЦИИ ГОРЕНИЯ ПРОЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ

Проведен анализ физических свойств различных видов пористых гранулированных материалов. Изучено поведение гранулированных подложек из пеностекла марки «Термоизол» различных фракций при аварийных проливах нефтепродукта. Экспериментально установлено влияние «сухого слоя» гранулированной подложки на зону реакции горения пролива нефтепродукта. Описан механизм снижения параметров пламени с использованием гранулированной подложки из пеностекла.

Ключевые слова: нефтепродукт, гранулированная подложка, аварийный пролив.

E. V. Shiryaev

ON THE INFLUENCE OF GRANULATED FOAM GLASS SUBSTRATE IN THE ZONE OF COMBUSTION OF THE STRAIT OF PETROLEUM PRODUCTS

The analysis of the physical properties of various types of porous granular materials. We studied the behavior of granular substrates of foam glass mark «Термоизол» of the various factions at emergency Straits of petroleum products. Experimentally established the influence of the «dry» layer of granular substrate in the reaction zone of combustion of the Strait of oil product. The described mechanism of the reduction of the parameters of the flame with the use of granulated foam glass substrate.

Keywords: oil product, granular substrate, emergency strait.

Снижение опасных факторов пожара аварийных проливов нефтепродуктов может быть достигнуто за счет применения гранулированного пеностекла. Этот факт установлен в ряде экспериментальных работ [1,2].

Анализ физических свойств более десятка видов пористых гранулированных материалов показал, что гранулированное пеностекло марки «Термоизол» является наиболее подходящим материалом для использования в качестве компонента гранулированной подложки, локализирующей и способной ликвидировать пожар пролива нефтепродуктов. В таблице приведена часть исследуемых гранулированных материалов с различными физическими свойствами. Как видно из таблицы, гранулированное пеностекло является самым низкогигроскопичным, низкотеплопроводным, термостойким, материалом, обладающим положительной плавучестью за счет низкого коэффициента влагопоглощения и низкой насыпной плотности. Кроме того, фракционный состав пеностекла марки «Термоизол» имеет наибольший диапазон: размеры гранул варьируются от 1-5 мм до 20-30 мм, при этом производитель указывает самую низкую стоимость из представленных образцов [3].

Таблица. Сравнительные характеристики рассматриваемых гранулированных материалов

Материал		Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/(мК)	Влагопоглощение, %	Прочность, МПа	Фракции гранул, мм	Цена, руб/м ³
Открытая пористость	Керамзит	150-800	0,1-0,7	30-60	0,8-1,9	1-5;10-20; 20-40;	1500-2500
	Вспученный перлит	45-500	0,05-0,08	40-50	0,4-0,9	1-5, 5-10; щебень	1500-4000
	Вспученный вермикулит	65-600	0,05-0,08	40-60	1,5-3,0	щебень	5000-7000

Материал		Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/(мК)	Влагопоглощение, %	Прочность, МПа	Фракции гранул, мм	Цена, руб/м ³
	Гранулированный шлак	600-900	0,2-0,9	30-40	1,0-2,0	1-5; 5-10	500-1000
Закрытая (ячеистая) пористость	Пеностекло «PENOSTEK ТМ»	120-250	0,05-0,09	< 5	0,45-0,55	0-4, 4-10, 10-20	7000-9000
	Пеностекло «Pogaver»	180-400	0,06-0,09	15-25	1,0-1,6	1-2,3-4, 4-8	7000-15000
	Пеностекло «FOAMGLAS»	180-400	0,06-0,09	5-10	1,0-2,0	1-2,1-5, блоки	7000-15000
	Пеностекло «Пенокерам»	200-300	0,07-0,09	5-10	0,5-1,5	0,2-2; 2-4; 4-10	9000-10000
	Пеностекло «Термоизол»	120-250	0,05-0,07	< 4	0,5-1,5	1-5; 5-7; 10-20; 20-30	4500-6000

Как показали экспериментальные исследования горения нефтепродукта, гранулированная подложка из пеностекла существенно влияет на зону реакции горения – снижает параметры пламени, а также влияет на зоны прогрева металлической емкости по высоте [1, 2]. Этот экспериментальный факт позволит существенно уменьшить опасные факторы пожара.

В данной работе использовались образцы гранулированного пеностекла различных фракций, которые представлены на рис. 1.



Рис. 1. Образцы гранулированного пеностекла различных фракций (слева направо Φ –20-30 мм, Φ -10–20 мм, Φ -5–7 мм, Φ -1–5 мм)

На рис. 2–5 представлены положение гранулированных подложек в емкостях ($d = 15$ см; $h = 15$ см) с водой и бензином АИ-92. Негорючесть, высокая термостойкость пеностекла создаёт возможность для подложки находиться в течение длительного времени (до полного выгорания горючей жидкости) на поверхности горящего нефтепродукта.



Рис. 2. Подложка ($h=7$ см, фракция 20-30 мм) в воде



Рис. 3. Подложка ($h=7$ см, фракция 20-30 мм) в бензине АИ-92



Рис. 4. Подложка ($h=7$ см, фракция 10-20 мм) в воде



Рис. 5. Подложка ($h=7$ см, фракция 10-20 мм) в бензине АИ-92

На рис. 2 – 5 видно, что нижняя часть гранулированной подложки из пеностекла частично погружена в нефтепродукт, а верхняя остаётся – сухой, свободной от нефтепродукта.

При воспламенении паров нефтепродукта теплопередача от поверхностного слоя к нижележащим слоям реализуется по принципу теплопроводности и ламинарной конвекции [4-6]. В случае пролива нефтепродукта на гранулированную подложку из пеностекла, подложка всплывает, образуя два слоя, один из которых находится в нефтепродукте, второй – над нефтепродуктом, так называемый «сухой слой». В верхнем гранулированном слое присутствуют каналы между гранулами не занятые нефтепродуктом. Создается система, в которой ограничивается поступление кислорода в зону горения и тепловой подготовки горючей смеси. На снижение поступления кислорода, прежде всего в зону тепловой подготовки, оказывает влияние длина «сухого канала» и его диаметр. При этом противоположный конец данной системы закрыт жидкостью и поступление кислорода с любой другой стороны, кроме торца емкости с гранули-

рованной подложкой, не возможно. Чем больше длина канала и меньше диаметр, тем меньше поступает кислорода в указанные выше зоны. Увеличивая длину канала для определенного его диаметра можно достичь некой критической величины, при которой поддержание горения будет достигнут эффект потухания.

На рис. 6 представлена термограмма горения бензина АИ-92 в цилиндрической емкости (диаметр емкости 150 мм, высота емкости 100 мм, толщина стенки 3 мм). На рис. 7 представлена термограмма горения бензина АИ-92 в цилиндрической емкости с плавающей гранулированной пеностекольной подложкой фракции Ф-5–7 мм и высотой 70 мм с аналогичными параметрами емкости, что и на рис. 6. Термограммы сделаны с помощью тепловизора Fluke Ti20 и обработаны в программе InsideIR 4.0.

На рис. 6 очевидно преобладание оттенков белого, красного, желтого и зеленого цвета в контуре пламенного горения нефтепродукта, а также преобладание синего цвета за контуром пламени. Термограммы рис. 6, 7 показывают не только значительные отличия геометрии температурных полей, но и характер горения. На рис. 6 видны «отрывы» пламени (температурные поля белого и красного цвета не связаны с поверхностью горения нефтепродукта), что говорит о турбулентном характере горения нефтепродукта, это. На рис. 7 характер горения нефтепродукта – ламинарный.

Температурные поля в очаге горения нефтепродукта отличаются на обоих рисунках. На рис. 6 температура пламени на границе зеркала нефтепродукта и пламенного свечения более 360 °С (360 °С – верхняя граница температуры определяемая тепловизором Fluke Ti20), источник [4] указывает, что температура на этой границе может достигать 500 °С. Ниже границы температурного поля белого цвета идет граница желтого и зеленого цвета соответственно. При этом температура этих границ выше температуры кипения бензина АИ-92 ($t_{\text{кип}} = 90 \pm 20$ °С). Термограммы показывают температуру на стенке очага горения нефтепродукта, это объясняет нагрев стенки до температуры выше температуры кипения бензина АИ-92. На рис. 7 температурные области белого, красного, желтого, зеленого цвета расположены на поверхности гранулированной подложки, при этом в несколько раз меньше по площади, чем на рис. 6.

Проведенные эксперименты показали, что можно существенно снизить параметры пламени при горении нефтепродукта с гранулированной подложкой.

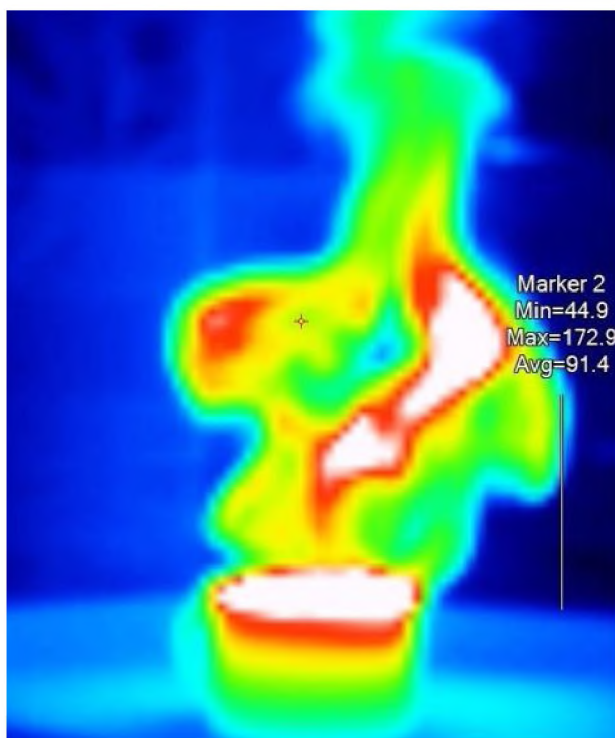


Рис. 6. Термограмма горения бензина АИ-92 в цилиндрической емкости

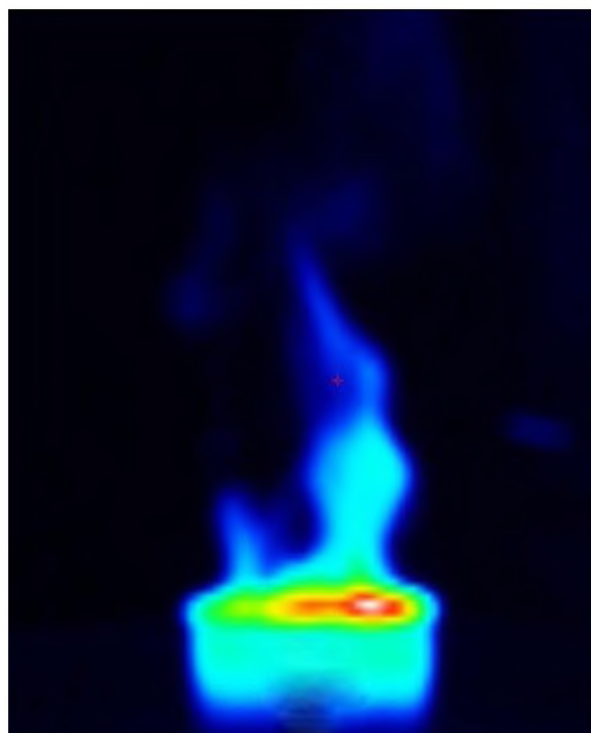


Рис. 7. Термограмма горения бензина АИ-92 в цилиндрической емкости с плавающей гранулированной пеностекольной подложкой

Примечание к рис. 6, 7: температурное поле белого цвета соответствует температуре $t > 360$ °С, красного – $t = 360$ °С, желтого – $t = 270$ °С, зеленого – $t = 200$ °С, синего $t \sim 40 - 100$ °С, черного – $t = 22$ °С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ширяев Е.В., Рубцов Д.Н., Назаров В.П., Булгаков В.В. Огнезащитный эффект гранулированной пеностекольной подложки при углеводородном пожаре пролива. Безопасность жизнедеятельности. №4, 2016. – С. 33-37.
2. Ширяев Е.В., Назаров В.П. Влияние гранулированной подложки на процесс горения нефтепродукта при его аварийном проливе. Интернет-журнал «Технологии техноферной безопасности», 2017, Выпуск 3 – № 73.
3. Технические условия. ТУ 5914-001-15068529-2006. Универсальный пористый материал термоизоляционный УПМ «Термоизол».
4. Абдурагимов И.М., Говоров В.Ю., Макаров В.Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1980.
5. Зельдович Я.Б. Теория предела распространения тихого пламени // ЖЭТФ. №1. – Т. 11, 1941. – С. 159–169.
6. Киселев Я.С., Хорошилов О.А., Потеряев Ю.К. О двух способах предотвращения горения в узких каналах // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2009. – № 4.

**СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ
В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ
ОБЪЕКТОВ, ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ
И СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ,
СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВБЕЗОПАСНОСТИ**

УДК 62.22

К. Н. Архангельский, В. В. Киселев

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ОГНЕСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ
ДЛЯ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ОТ ПОЖАРОВ**

Повышенные температуры при пожарах оказывают существенное влияние на прочностные свойства металлоконструкций. Поэтому чрезвычайно важно обеспечить их качественную защиту от перегрева. В работе описаны возможные способы защиты и приводится технология изготовления разработанного защитного огнестойкого покрытия.

Ключевые слова: покрытие, температура, защита.

K. N. Arkhangelsky, V. V. Kiselev

**TO THE QUESTION OF THE ORGANIZATION OF REPAIR
AND MAINTENANCE OF MOTOR TRANSPORT ENGINEERING**

Elevated temperatures during fires have a significant effect on the strength properties of steel structures. It is therefore extremely important to provide them with quality protection from overheating. The paper describes possible methods of protection and is a manufacturing technology developed fire-resistant protective coating.

Keywords: coating, temperature, protection.

Огонь во время пожара остановить достаточно сложно. Намного проще предотвратить его распространение. Но средства первичной защиты не могут быть эффективными на 100%. Стальные конструкции, несущие балки, лестничные пролеты хотя и не могут сгореть, но начинают деформироваться и теряют свою прочность при воздействии огня, что при достижении определенных условий приводит к обрушению здания.

По данным справки, подготовленной департаментом надзорной деятельности по анализу обстановки с пожарами и последствий от них на территории РФ, мы можем отметить, что доля пожаров, возникающих на объектах, выполненных с применением металлоконструкций составляет порядка 15%.

Требования к огнезащите отдельно указываются в СНиП и требованиях пожарной безопасности и выражаются в коэффициенте (классе, степени) огнестойкости или времени, в течение которого металл и любой другой материал сможет сопротивляться воздействию пламени при температуре в 500⁰С градусов. Тем не менее, при пожарах в закрытых помещениях могут возникать температуры порядка 800⁰С. Из литературных источников известно, что температуры порядка 600⁰С приводят к снижению прочности металлических конструкций приблизительно в 3 раза. Что же происходит с металлоконструкциями при более высоких температурах, информации в литературе нет. Одной из задач данного исследования явилось выявить влияние на прочность конструкционных материалов повышенных температур до 800⁰С, а также выявить каким образом влияет тушение пожара водой на остаточную прочность металлоконструкций.

Для проведения экспериментальной части работы использовалось стандартное лабораторное оборудование – высокотемпературные электрические печи, машина для испытания материалов на растяжение и гидравлический пресс (рисунок).

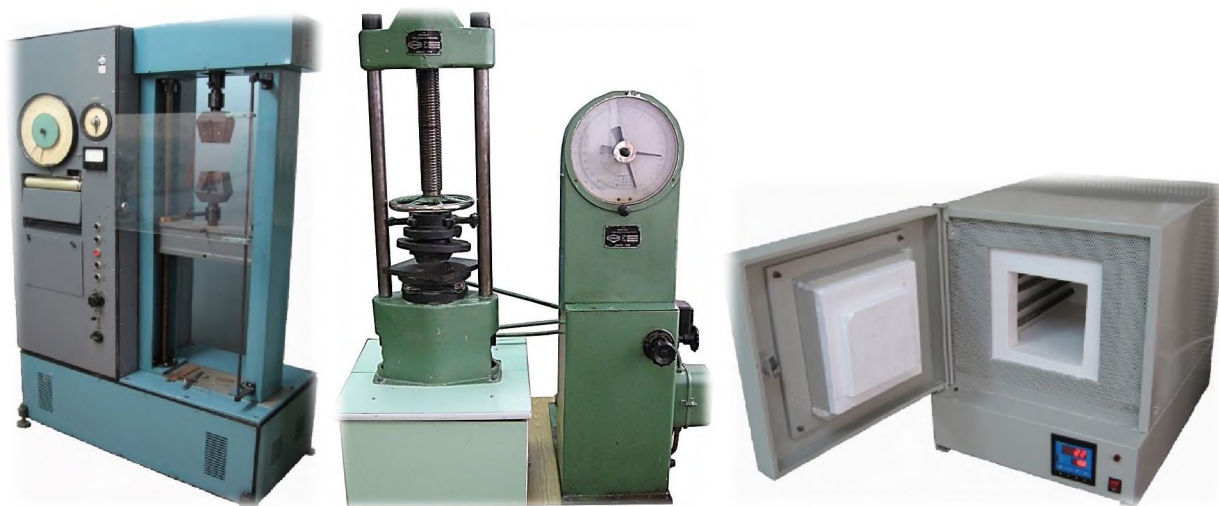


Рисунок. Лабораторное оборудование

Испытанию подверглись конструкционный материал, который имеет наибольшее распространение в строительстве – конструкционная сталь. Было отобрано несколько образцов конструкционных материалов. Первый образец – эталонный, был испытан на разрывной машине Р – 5. Предел прочности стали составил 714,3 МПа. Другие образцы были подвергнуты нагреву в муфельной печи до различных температур в интервале времени от 15 до 40 минут.

Так, об условиях, исходя из которых следует определять дислокацию подразделений пожарной охраны на территориях поселений и городских округов, - время прибытия первого подразделения к месту вызова не должно превышать 10 минут в городских поселениях, городских округах. Время оперативного развертывания, которое принимается от 6 до 8 мин. При самых оптимистичных прогнозах, пожарная команда приступит к тушению пожара, охлаждению металлоконструкций через 16 минут.

После нагрева одну заготовку погружали в воду для мгновенного охлаждения. Другую заготовку прошедшую нагрев оставили остывать на воздухе. После остывания, обе детали подверглись проверке на разрывной машине.

Проведенные исследования показали, что механические свойства стали при нагревании ее до температуры 200...250 °С практически не меняются. При температуре 250...300 °С прочность стали несколько повышается, пластичность снижается. Сталь в изломе имеет крупнозернистое строение и становится более хрупкой (синеломкость). Не следует при этой температуре деформировать сталь или подвергать ее ударным воздействиям.

Нагрев выше 400 °С приводит к резкому падению предела текучести и временного сопротивления, а при $t = 600...650$ °С наступает температурная пластичность и сталь теряет свою несущую способность.

Эксперименты показали, что для металлических конструкций критическое значение температуры $t_{кр}$, при котором ослабляются прочностные характеристики стали, равно 650°С, причем продолжительность нагрева имеет определенное значения. Было выявлено, что прочностные параметры металлоконструкций при большем времени нагрева снижаются на 10 – 15 %.

В ходе испытаний также было установлено, что образцы, остывавшие на воздухе имели остаточную прочность порядка 428,6 МПа, что в 1,7 раза отличалось от эталонного. Образцы охлажденные водой разупрочнились в 5,6 раза, получив остаточную прочность 127,5 МПа.

Механические свойства материалов зависят от продолжительности испытания. При некоторых температурах (например, для малоуглеродистой стали при температуре выше 800 °С) испытуемый образец может быть разрушен при напряжении меньшем, чем предел пропорциональности, соответствующий комнатной температуре, если это напряжение будет действовать достаточно продолжительное время.

Сегодня на рынке огнезащитных материалов присутствует достаточно широкий перечень различных составов, но чаще всего эти составы предназначены для обработки древесины. Огнестойкие покрытия для металлов, как правило, имеют высокую стоимость. В данной работе приведена технология приготовления разработанного огнестойкого покрытия, которое прошло ряд испытаний и показало высокие огнезащитные свойства.

Технология приготовления покрытия достаточно проста. Сухие компоненты взвешиваются на технических весах с погрешностью 0,5 % по массе и перемешиваются в смесителе периодического действия. Время перемешивания не менее 5 мин. Жидкое стекло (ЖС) разбавляется горячей водой с температурой не более 80 °С при постоянном перемешивании в течение 3 мин до плотности 1,2 г/см³ (в соответствии с ГОСТ 10078-81). Допускается разбавлять жидкое стекло холодной водой (20 °С) при условии увеличения времени перемешивания до 10 мин. Разбавленное жидкое стекло фильтруется через сито № 05 (ГОСТ 3584-73). Сухая смесь и жидкое стекло загружаются в соответствующие емкости установки аэродинамического действия для нанесения покрытия. Всего получилось несколько опытных смесей, которые использовались при нанесении на металлические образцы для доказательства огнезащитных свойств данного покрытия.

Покраска металлоконструкций огнезащитной краской необходима для всех опорных и несущих узлов, а также для стальных элементов имеющих важное конструктивное значение и поддерживающих целостность здания. К ним относятся опорные колонны, прогоны, балки и фермы, лестничные марши, направляющие конструкции противопожарных стен. Дополнительно, может понадобиться огнезащита металлоконструкций, в том случае, если опорные балки для увеличения прочности закрывают гипсоволоконными материалами.

Толщина огнезащитного слоя, а также другие конструкционные решения, предназначенные для защиты опорных конструкций, во многом зависят от требований предъявляемых относительно огнестойкости здания.

При выборе материалов для защиты от огня следует руководствоваться технической характеристикой предоставленной изготовителем. Выбирая огнезащитное покрытие необходимо понимать, что качественная огнезащита не может стоить дешево.

Результаты лабораторных испытаний разработанного огнестойкого покрытия показали эффективность его применения в лабораторных условиях, а именно:

- 1) улучшены прочностные и огнестойкие свойства металла, подвергнутого воздействию высоких температур;
- 2) огнестойкое покрытие просто в технологии приготовления и нанесения;
- 3) покрытие не занимает дополнительного объема;
- 4) разработанное покрытие не утяжеляет металлоконструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев В.В., Кропотова Н.А., Архангельский К.А. Влияние высоких температур при пожаре на прочность металлоконструкций. / Материалы XI международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «ЭНЕРГИЯ -2016». – 2016. – Т. 4. – С. 124-126.

2. Зарубин В.П., Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В., Мельников А.А. Перспективы применения нанопорошков силикатов в смазочных материалах, используемых в пожарной технике. / Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22. № 5. С. 65-70.

3. Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В. Повышение надежности пожарной техники применением модернизированных смазочных материалов. / Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2010. - №3. – С. 24–28.

УДК 66.011

М. О. Баканов, С. Н. Никишов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА «МИКРОПРОЦЕССОВ» ПРИ МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПЕНОСТЕКЛЬНОЙ ШИХТЫ

В работе рассматриваются особенности математического моделирования технологического процесса производства пеностекла. Описывается сущность метода «микропроцессов».

Ключевые слова: пеностекло, теплоизоляционный материал, технология производства, математическое моделирование, термическая обработка.

O. M. Bakanov, S. N. Nikishov

APPLICATION OF THE METHOD OF «MICRO-PROCESSES» IN MATHEMATICAL MODELING OF THE THERMAL PROCESSING FOAM GLASS CHARGE

The paper discusses the peculiarities of mathematical modeling of the technological process of production of foamed glass. The article describes the essence of the method of «micro-processes».

Keywords: foam glass, insulation material, production technology, mathematical modeling, heat treatment.

Существует большое количество теплоизоляционных материалов с различными свойствами [13]. В настоящее время современные технологии позволяют создавать и испытывать все новые и новые виды теплоизоляционных материалов. Все это требует тщательного изучения теплофизических свойств ма-

териалов, изучения способности материалов противостоять большим тепловым нагрузкам, их сравнительной оценки [9].

Анализ применения теплоизоляционных материалов показал, что чаще в современной технике в качестве теплоизоляторов используются твердые пористые материалы [3].

Сравнительный анализ характеристик и свойств различных теплоизоляционных материалов (таблица) показал, что наиболее перспективным теплоизоляционным материалом в настоящее время является пеностекло [2]. Пеностекло обладает минимальной паропроницаемостью, водопоглощением и влажностью. Это означает, что вероятность конденсации пара внутри пеностекла по сравнению с другими материалами исключена. В связи с этим, теплоизоляционные свойства пеностекла остаются неизменными.

Таблица. Физико-механические свойства современных теплоизоляционных материалов

Характеристика	Пенополистирол	Плиты из минеральной ваты	Керамзит	Газобетон	Пеностекло
Плотность, кг/м	20–150	50–350	210–450	300–800	100–500
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	0,038–0,06	0,04–0,064	0,21–0,23	0,13–0,4	0,045–0,07
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)	0,05	0,38–0,60	0,21	0,23	0,001–0,005
Водопоглощение, %	0,5–6	Поглощает воду	5–15	5–20	Не более 5
Влажность материала, %	1–10	2–5		8–14	1–2
Необходимость в паро-гидроизоляции	Не требуется	Обязательно			Не требуется
Стабильность размеров	Дает усадку	Удовлетворительная	—	Удовлетворительная	Отличная
Прочность на сжатие, МПа	0,05–1,0	0,04–0,15	0,4–5	0,4–3	0,7–5
Максимальная температура кратковременного нагрева, °С	100	250	—	450	750
Верхний температурный интервал эксплуатации, °С	80	200	—	400	600

Стабильными для пеностекла остаются его геометрические размеры и отсутствие явлений коррозии. Кроме того, пеностекло обладает достаточной прочностью и наиболее широким температурным диапазоном эксплуатации [11]. Это позволяет использовать пеностекло для возведения наиболее ответственных конструкций, в том числе огнезащитных.

Область применения пеностекла, благодаря его свойствам, достаточно широко, а в ряде случаев, просто незаменимо другими материалами или гораздо эффективнее [6]. Важную роль при всём этом играет и его экологическая чистота, поэтому пеностекло применяется в атомной, нефтяной, химической, пищевой, медицинской и фармакологической промышленности. Все чаще его применяют при строительстве высотных сооружений, аквапарков, бассейнов, стадионов, а так же при реставрации зданий и сооружений представляющих культурную ценность. В некоторых странах, благодаря морозоустойчивости, его применяют для утепления дорожного полотна. Современное развитие технологий позволяет выпускать пеностекло разных расцветок и применять его как облицовочный.

К сожалению пеностекло не нашло широкого применения ввиду высокой стоимости по сравнению с другими теплоизоляционными материалами и рядом недостатков [6]. Материал очень хрупкий и малейшее отклонение от рекомендаций по работе с ним ведёт к растрескиванию. В отличие от современных материалов, отсутствует паропроницаемость, что может привести к образованию грибка и плесени на стенах выполненных из других материалов. Не подверженность растяжению или сжатию может привести к растрескиванию при подвижках других составляющих конструкции (стен, потолка, полов). По сравнению с другими теплоизоляционными материалами пеностекольные блоки довольно тяжёлые. Тяжесть блоков сильно влияет на всю конструкцию строительного объекта. Поэтому надо заранее и очень тщательно рассчитывать нагрузки на несущие конструкции. Большая долговечность тоже служит плохую службу. Сам материал, может, и будет жить долго, а вот материалы из которых построено здание могут не выдержать. Делая ремонт или демонтаж здания, тяжело будет сохранить блоки этого вида утеплителя в целости. То есть долговечность в данном случае большая и дорогая проблема.

Имеющиеся недостатки пеностекла возможно исключить или минимизировать путем изменения применяемого исходного сырья, использованием дополнительных химических веществ, изменением способов изготовления пеностекольных материалов и др. Для это потребуется всестороннее изучение технологии получения пеностекла [4], для того чтобы сформировать представление о возможных путях его совершенствования и возможностях влияния на конечные физико-химические свойства пеностекла на стадиях производства.

Решение данного вопроса экспериментальным путем, физические просто не возможно, поэтому потребуются разработка многокритериальной математической модели способной смоделировать весь технологический процесс, начиная от применяемого исходного сырья и изменением его свойств на стадиях термического воздействия на пеностекольную шихту. В настоящее время такой математической модели нет [12], поэтому вопросы разработки такой модели на сегодняшний день остаются весьма актуальными.

Касаемо технологии производства пеностекла можно отметить следующее, что в открытом доступе имеются наработки полученные в прошлом веке. Мировые лидеры по производству пеностекла не распространяют свои технологии производства.

Исходя из данных представленных в литературе [6], можно выделить три основных способа производства пеностекла, это порошковый способ, формование предварительно вспененной стеклянной массы, вспенивание стеклянного порошка с дальнейшим спеканием массы.

Как показывает практика, технология производства пеностекла порошковым способом намного проще и экономически выгодней [8], поэтому данный способ является наиболее распространенным и заслуживает внимания. Производственные этапы здесь таковы, измельченное стеклянное сырье загружается вместе с газообразователем в специальные формы, затем происходит обжиг стекломассы при температуре примерно 1000 °С, охлаждение материала и распил готового материала и его полировка. Исходя из технологии производства, можно выделить три основные стадии, особенности которых необходимо учитывать при математическом моделировании, это стадия нагрева пеностекольной шихты до момента плавления, процесс газообразования и отжига [14].

Имеющиеся научные работы в данной области, рассматривают эти процессы отдельно друг от друга или настолько упрощают не интересующий их процесс, акцентировав внимание только на одну стадию или процесс, в результате чего, принятые допущения не позволяют максимально точно воссоздать реальные теплофизические процессы происходящие при производстве пеностекольной продукции. Стоит отметить, что для одной стадии представленные модели достаточно всестороннее раскрывают особенности термической обработки пеностекольной шихты и могут показывать результаты с достаточно высокой степенью точности.

Так в работе [5], автор предлагает новую математическую модель нагрева пеностекольной шихты, учитывающий не только подвод тепла конвекций, но и излучением:

$$\lambda \frac{dT}{dt} = \alpha(T_r - T_{ш}) + \varepsilon\sigma(T_c^4 - T_{ш}^4), \quad (1)$$

где T_r - температура дымовых газов, К; $T_{ш}$ - температура шихты, К; α - коэффициент теплоотдачи от дымовых газов к поверхностям формы и шихты, Вт/(м²·К); ε - приведенная степень черноты; σ - постоянная Стефана-Больцмана.

Ранее математические модели строились на предложенной И.И. Китайгородским уравнении, имеющую следующий общий вид [8]:

$$\rho c \frac{dT}{d\tau} = \frac{d}{dx} \left(\lambda \frac{dT}{dx} \right), \quad 0 < x < L; \quad (2)$$

где T - температура, К; ρ - плотность шихты, кг/м³; c - теплоемкость шихты, Дж/(кгК); λ - теплопроводность шихты, Вт/(м·К); L - толщина нагреваемого слоя, м, τ - время, с.

Математическая модель Городова Р.В. в отличие от Китайгородского И.И., отражает реальный процесс термической обработки пеностекольной шихты, что безусловно положительно скажется на конечных результатах. Однако в работе не заостряется внимание на процесс формирования поры в момент срабатывания газообразователя.

Этап плавления пеностекольной шихты и процесс формирования пор подробно изложен в работе [1]. Математическая модель описывает процесс формирования единичного пузырька в расплаве пеностекольной шихты. В основе модели лежат временные масштабы процессов при формировании необходимой пористой структуры. τ_1 – время нагрева измельченного стекла до температур разложения мела:

$$\tau_1 \approx \frac{h^2}{a}, \quad (3)$$

где a – коэффициент температуропроводности смеси, м²/с; h – характерный масштаб длины в объеме формы, м.

На втором этапе процесса происходит формирование пор вследствие увеличения в них давления газа источниками газовой выделения:

$$\tau_2 \approx \frac{P_0}{\alpha'} R^3, \quad (4)$$

где коэффициент α' – активность (мощность) источника газообразования (Дж/с), P_0 – атмосферное давление, Па; R – радиус поры, мм.

При описании второй стадии процесса при моделировании использовалось уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости (Навье–Стокса) и уравнение неразрывности в сферических координатах. Учитывая, что скорость движения жидкости v вокруг пузырька имеет только радиальную составляющую и вследствие сферической симметрии зависит только от r – расстояния от центра поры и t – времени процесса – $v=v(r,t)$ [10]. Модель второй стадии про-

цесс представляет собой нелинейное дифференциальное уравнение для $R(t)$ роста радиуса поры со временем:

$$-\frac{3}{2}\left(\frac{dR}{dt}\right)^2 - R(t)\frac{d^2R}{dt^2} = \frac{1}{\rho}\left(P_0 + \frac{\sigma}{R}\right) - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\beta' + \alpha't}{R^3} + v \left[\frac{1}{\left(\frac{dR}{dt}\right)} \frac{d^2R}{dt^2} + \frac{4}{3R}\left(\frac{dR}{dt}\right) \right]. \quad (5)$$

В работе автором были установлены основные закономерности физико-химических явлений процесса порообразования, степень влияния основных факторов, обеспечивающих устойчивость пены до полного застывания пено-стекла, таких как вязкость стекла, поверхностное натяжение расплавленной шихты и парциальное давление, создаваемое газообразователем. Однако третья стадия - отжиг пеностекла и его охлаждение не рассматривался, что не позволяет воссоздать полный процесс производств пеностекла.

В работе [7] представлена математическая модель термической обработки пеностекольной шихты на всех стадиях его производства. Уделяется большое внимание распределению температурных полей, то есть процессам теплопере-носа без учета процессов массопереноса, что является недостатком данной мо-дели. Так же не учитывается, как влияет изменение температуры на теплофизи-ческих характеристик пеностекольной на разных стадиях его производства.

Все три представленные математические модели имеют свои преимуще-ства и недостатки. К сожалению, объединение эти математических моделей в одну, является весьма не простой задачей, так как авторы используют различ-ный инструментарий и интерпретацию полученных математических выкладок.

Сложность создания математической модели термической обработки пе-ностекольной шихты заключается в том, что процессы протекающие в шихте, возможно описать только нелинейными уравнениями теплопереноса, основан-ные на решении дифференциальных уравнений в частных производных. Одна-ко использование компьютерных разработок позволяет свести нелинейную за-дачу к линейной. Предложенный С.В. Федосовым [14] метод «микропроцес-сов», предполагает разделить весь процесс на n элементарных микропроцессов, в пределах каждого из которых теплофизические параметры фаз могут считаться постоянными, тогда нелинейную задачу тепломассопереноса можно свести к совокупности n линейных задач.

Сущность метода заключается в следующем [15]. Время всего процесса термообработки представляется непрерывной цепью достаточно малых проме-жутков времени «микропроцессов» таким образом, что:

$$\tau_{np} = \lim_{\tau \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n \Delta\tau_i \quad (6)$$

Теплофизические параметры фаз и коэффициенты межфазного переноса можно полагать постоянными в i -ом «микропроцессе», но скачкообразно изменяющимися при переходе от одного «микропроцесса» к другому, тем самым решается линейная краевая задача теплопереноса. Сопрягая последовательно решения для всех «микропроцессов» на каждом временном интервале, можно получить полную картину динамики полей температур при термической обработке пеностекла с переменными теплофизическими характеристиками шихты в процессе, с произвольно меняющимися параметрами среды.

Необходимо отметить, что метод дает хорошие результаты в случае, если численное решение осуществляется в совокупности с методом интегрального преобразования Лапаласа [4]. Это обусловлено тем, что в области больших чисел Фурье достаточно точные результаты получаются при использовании всего лишь нескольких первых членов ряда. С уменьшением числа Фурье (времени процесса) число членов ряда, которые надо учитывать для обеспечения заданной точности расчетов возрастает. Однако современная вычислительная техника в состоянии справиться с этой задачей. Кроме того, преобразование Лапласа дает возможность получить решение в двух формах: при $Fo > 0,1$ и $Fo \ll 0,1$, в этом и заключается преимущество использования этого преобразования.

Точность решения общей задачи во многом будет определяться количеством «микропроцессов» n . Очевидно, что с увеличением n (уменьшением $\Delta\tau_i$), точность расчетов будет возрастать.

Таким образом, метод «микропроцессов» позволит свести нелинейную задачу, к задаче с постоянными коэффициентами в пределах выбранного «микропроцесса». Разработка математических моделей, способных описать динамику распределения температур в материале, на всех этапах термической обработки, позволит всесторонне подойти к процессу производства пеностекла с учетом всех особенностей теплопереноса в материале.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баканов М.О.* Исследование динамики процесса порообразования при термической обработке пеностекляной шихты: дис. ... канд. техн. наук. - Иваново, 2014.
2. *Баканов М.О.* Моделирование процессов теплообмена при термической обработке пеностекла. / М.О. Баканов, С.Н. Никишов // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2015) [Текст]: сборник материалов XVIII международного научно-практического форума (26-29 мая 2015 года). – Иваново: ИВГПУ, 2015. – С. 270-273.
3. *Баканов М.О.* Моделирование размеров пор при производстве пеностекла / М.О. Баканов, С.Н. Никишов // Наука – XXI век: сборник материалов международной научной конференции / под ред. проф. И.П. Лотовой, проф. Ф.П. Тарасенко, проф. В.А. Драгавцева, проф. В.К. Спирина, проф. А.В. Козлова [Электронный ресурс]. – М.: РусАльянс Сова, г. Москва, 2015.

4. *Баканов М.О.* О необходимости комплексного подхода к математическому моделированию процессов термической обработки пеностекольной шихты на всех стадиях его производства / М.О. Баканов, С.Н. Никишов // Международная on-line конференция к 70 - летию заслуженного деятеля науки РФ, член-корреспондента РААСН, доктора технических наук, Лесовика Валерия Станиславовича «Интеллектуальные композиты для зеленого строительства» [Электронный ресурс]. г. Белгород, 2016.
5. *Городов Р.В.* Математическое моделирование цикла тепловой обработки пеностекольной шихты: дис. ... канд. техн. наук. - Томск, 2009.
6. *Демидович Б.К. Садченко Н.П.* Пеностекло-технология и применение. - М.: ВНИИЭСМ, 1990. - с.44
7. *Демин А.М.* Математическая модель термической обработки сырца при получении пеностекла: дис. ... канд. техн. наук. - Санкт-Петербург, 2013.
8. *Китайгородский И.И., Кешишян Т.Н.* Пеностекло - М.: Промстройиздат, 1953.-78 с.
9. *Федосов С.В.* Композиционный материал на основе пеностекла с защитно-декоративным покрытием [Текст] / С.В. Федосов, Ю.А. Щепочкина, М.О. Баканов // Строительство и реконструкция. – Орел: Госуниверситет – УНПК. – 2012. - №6 (44). – С. 109-113.
10. *Федосов С.В.* Математическая модель динамики процесса порообразования при термической обработке пеностекольной шихты / С.В. Федосов М.О. Баканов, А.В. Волков и др. // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. – 2014. – Т.57. – Вып.3. – С. 73–79.
11. *Федосов С.В.* Подходы к моделированию процессов термической обработки пеностекольной шихты. Постановка задачи. / С. В.Федосов, Н. Л. Федосова, М. О. Баканов, С. Н. Никишов // Теория и практика технических, организационно-технологических и экономических решений [Текст]: сб.науч.тр. - Иваново: ИВГПУ, 2015. Вып. 1. С. 10-19.
12. *Федосов С.В.* Основные принципы технологии получения теплоизоляционного пеностекла, подходы к моделированию / С.В. Федосов, М.О. Баканов, С.Н. Никишов // Научно практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук, Баженова Юрия Михайловича [Электронный ресурс]. Белгород, 2015.
13. *Федосов С.В.* Особенности получения композиционного строительного материала на основе пеностекла с защитно-декоративным покрытием / С.В. Федосов, Ю.А. Щепочкина, М.О. Баканов // Строительство и реконструкция. - 2013. - № 3 - (47). - С. 77-81.
14. *Федосов С.В.* Пеностекло: особенности производства, моделирование процессов теплопереноса и газообразования / С.В. Федосов, М.О. Баканов // Academia. Архитектура и строительство. №1. 2015. С. 108-113.
15. *Федосов С.В.* Тепломассоперенос в технологических процессах строительной индустрии / С.В. Федосов. – Иваново: ИПК «ПресСто», 2010. – 364 с.

УДК 614.835.3

И. Р. Баталов, А. С. Жичин, А. Г. Азовцев, С. А. Сырбу

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

О НЕОБХОДИМОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПИРОФОРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В РЕЗЕРВУАРАХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ПРЯМОГОННОГО БЕНЗИНА И ТОПОЧНОГО МАЗУТА

В данной статье говорится о необходимости исследования образования пирофорных отложений в резервуарах для хранения прямогонного бензина и топочного мазута. Говорится о продуктах сероводородной коррозии и их опасности, в частности о пирофорных отложениях. Обосновывается выбор объектов исследования таких как, прямогонный бензин и топочный мазут.

Ключевые слова: пирофорные отложения, нефтегазовая отрасль, самовозгорание, прямогонный бензин, топочный мазут, хранение нефтепродуктов, сероводородная коррозия.

I. R. Batalov, A. S. Zhichin, A. G. Azovtsev, S. A. Syrbu

ABOUT NECESSITY OF RESEARCH OF FORMATION OF PYROPHORIC DEPOSITS IN TANKS FOR STORAGE OF STRAIGHT RUN GASOLINE AND HEATING OIL

At paper necessity of research of formation of pyrophoric deposits in tanks for storage of straight run gasoline and heating oil is present. About the products of hydrogen sulfide corrosion and their dangers, in particular pyrophoric deposits are told. The choice of Objects of research such as straight run gasoline and heating oil are chose.

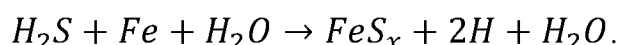
Keywords: pyrophoric deposits, oil and gas industry, auto-ignition, straight run gasoline, heating oil, containing of petroleum products, sour corrosion.

Хранение нефти и нефтепродуктов само по себе является опасным технологическим процессом, так как нефть и практически все ее производные относятся к легковоспламеняющимся и горючим материалам [2], и, соответственно, объекты с хранением нефти и нефтепродуктов относятся к опасным производственным объектам [1]. Опасностей, связанных с хранением нефти и нефтепродуктов много, одной из опасностей – образование пирофорных отложений на внутренней поверхности резервуаров вертикальных стальных (далее – РВС).

Пожары, происходящие по причине самовозгорания пирофорных отложений – не редкость.

Образование пирофорных отложений связывают с сероводородной коррозией, которая протекает, как видно исходя из названия, в присутствии сероводорода и железа. Также сюда включены и другие сернистые соединения, такие как тиолы, которые по определенным реакциям также могут образовывать сульфиды железа [6]. Так как по принципу коррозии данный вид коррозии является электрохимической [3], то необходимо говорить и о том, что реакция протекает в присутствии воды – как электролита.

Общее уравнение сероводородной коррозии может быть представлено следующим образом:



Однако говорить о том, что образующиеся сульфиды железа являются пирофорными нельзя. В той же статье [3] упоминается о том, что авторы исследовали данную реакцию в водных растворах сероводорода и получившаяся пленка имеет макиновитовую структуру, ее образование снижает скорость коррозии, на практике и в других работах исследователи сталкиваются с рыхлыми, пористыми и пластинчатыми видами ржавчины [4, 5].

В работе [4] говорится о том, что пирофорные отложения могут образовываться в результате дополнительного присутствия паров углеводородов, как катализаторов образования именно пирофорного сульфида железа.

Наше внимание обращено к таким углеводородам, как прямогонный бензин и топочный мазут, в частности марки М-100. Внимание к прямогонному бензину и топочному мазуту обусловлено тем, что в этих нефтепродуктах имеет место наличие сероводорода и других сернистых соединений.

С введением в действие Технического регламента Таможенного Союза с новыми требованиями к некоторым видам нефтепродуктов, использующихся в качестве топлив, требования к их качеству значительно усилились, в частности к содержанию серы в топливах требовалось прийти к отсутствию ее наличия в топливах. Прямогонный бензин в качестве топлива не используется, а используется в основном для получения этилена, однако, как нефтепродукт, все же хранится в РВС, и требования к прямогонному бензину не указаны. Очистка мазута, учитывая его вязкость и многокомпонентность полностью не обеспечивается и содержание серы в нем остается на определенном уровне. Это значит, что наличие серы и сернистых соединений в вышеуказанных нефтепродуктах может привести к образованию пирофорных отложений.

Данный момент необходимо проверить на достоверность. В случае подтверждения данной гипотезы основным способом для защиты от образования пирофорных отложений на внутренней поверхности РВС будет являться изоляция стальной стенки РВС с внутренней средой.

Исследованию стоит подвергнуть как металл, который соприкасается в жидкой фазе, так и металл, который соприкасается в газовой фазе, необходимо это для того, что по данным работы [4] были определены различные скорости коррозии для разных сред.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 21.07.1997 №116-ФЗ «О промышленной безопасности».
2. *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. – Ч. 1 – 713 с; Ч. 2 – 774 с.
3. *Popoola L.T., Grema A.S., Latinwo G.K., Gutti B. and Balogun A.S.* Corrosion problems during oil and gas production and its mitigation, International Journal of Industrial Chemistry a SpringerOpen Journal, p. 15 (2013).
4. *Бояров А.Н.* Механизм формирования и защита от самовозгорания пирофорных отложений в вертикальных резервуарах. [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.26.03: защищена 2010 / Бояров Антон Николаевич. – Уфа, 2010. – 129 с.
5. *Кузин А.В.* Безопасность ремонтных работ [Текст]: Книга/ Кузин А.В., Теплинский Г.Я., Юшков В.И. – М.: Химия, 1981. – 264 с.
6. Пирофорные отложения в процессе коррозии металлов – причина пожаров и взрывов нефтегазового оборудования [Электронный ресурс]. Металл. Железо. URL-ссылка: http://ags-metalgroup.ru/publ/zashhita_neftjanykh_rezervuarov_ot_korrozii/piroformnye_otlozhenija_v_processe_serovodorodnoj_korrozii_metallov_prichina_pozharov_i_vzryvov_neftegazovogo_oborudovaniija/21-1-0-107.

УДК678.5/8:614.841

С. Н. Бобрышева

Гомельский филиал Университета гражданской защиты МЧС Беларуси

МИНЕРАЛЬНЫЕ ДОБАВКИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ГОРЮЧЕСТИ ПОЛИМЕРНЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В работе приводится обзор информации в области снижения пожароопасности полимерных материалов. Дана информация об ассортименте современных антипиренов. Представлены результаты собственных разработок экологически чистых антипиренов и использования в этом качестве минеральных ископаемых и отходов предприятий Республики Беларусь.

Ключевые слова: пожароопасность, антипирены, полимерные материалы, минеральные добавки.

S. N. Bobrysheva

THE FIRE RETARDANTS FOR POLYMER MATERIALS

In work the review of the information in the field of decrease in fire danger of polymer materials. The information of assortment modern fire retardants is given. Results of own development environmentally being fire retardants and uses in this quality of minerals and waste of the enterprises of Republic Belarus are presented.

Keywords: fire danger, fire retardants, polymer materials, minerals.

Современные технологии предупреждения ЧС предусматривают создание пожаробезопасных материалов, снижение их воспламеняемости и горючести. Особенно это касается полимерных материалов. Обладая высокой горючестью, полимеры повышают общую пожароопасность, а, выделяя при горении большое количество токсичных газов, губительно действуют на человека и окружающую среду. Снижение горючести полимеров достигается в основном путем введения в их состав добавок дисперсных антипиренов. Ассортимент антипиренов в настоящее время очень значителен и мировой рынок их увеличивается с каждым годом примерно на 6%. Лидером производства антипиренов является Япония. Однако парадокс состоит в том, что наиболее эффективные антипирены (галогенопроизводные) очень токсичны, а экологически безопасные - эффективны только в больших количествах - до 70 % к массе полимера (гидроксид магния). Комбинации различных классов антипиренов себя не оправдывают. Современные разработки составов антипиренов направлены на экологичность и эффективность. Есть сведения, что введение в полимерную матрицу дисперсных неорганических структур, способствует повышению их огнестойкости.

Антипирены должны отвечать определенным требованиям. Основной проблемой их использования является совместимость антипирена и полимера. Кроме того антипирены не должны ухудшать свойства полимера, быть экологически безопасными и экономически выгодными. Для используемых в настоящее время антипиренов сложно выполнить весь комплекс этих требований [3].

Разработан дисперсный материал, представляющий собой твердотельную активную матрицу. Обладая ультрадисперсной размерностью и высокой поверхностной энергией, матрица в результате модифицирования приобретает определённые функции, которые направлены на эффективное подавление горения, адсорбцию горючих газов и др.

В качестве такой матрицы применяются доступные глины отечественных разработок (кальциевые бентонитовые глины). Однако, глины по своей природе гидрофильны, в связи с чем обладают низкой совместимостью с полимерами. При решении проблемы использовались преимущества нанодисперсного

состояния вещества. Для получения наноразмерной дисперсности глины применялась планетарная мельница, в которой диспергирование совмещалось с модифицированием – гидрофобизацией.

Необходимо отметить, что особенностью таких глин является способность подвергаться диспергированию с наименьшими энергетическими затратами. В качестве модификаторов, обеспечивающих совместимость с полимером, использовались различные составы гидрофобной природы: кремнийорганические жидкости, жирные кислоты, отходы жировых производств (соапстоки). Оптимальный результат был достигнут при модифицировании исходной глины отработанной отбеленной глиной Grade F-160. Последняя является крупнотоннажным отходом жировых производств при фильтрации (отбеливании) растительных масел и состоит из высококачественных бентонитовых глин и гидрофобных масел, которые в технологическом процессе фильтрации частично оставались, адсорбируясь на поверхности минерала. Отбеленная глина Grade F закупается в США, отечественного аналога ей нет.

В процессе исследований определено оптимальное массовое соотношение компонентов - модификатор (отработанная отбеленная глина Grade F-160) / основа (отечественная бентонитовая глина).

Разработана методика модифицирования («сухая» схема), позволяющая исключить традиционное использование органических растворителей для получения растворов модификаторов, которая является менее затратной и более безопасной с экологической точки зрения [1].

При проведении исследований использовались как первичные, так и вторичные полимеры (полиэтилен, полипропилен), в которые в процессе экструзии без изменения традиционной технологии вводились добавки разработанного антипирена. Получены полимерные материалы, содержащие добавки разработанного антипирена на основе модифицированных глин. Одним из предполагаемых механизмов действия антипирена является образование барьера из дисперсных частиц, выполняющих роль термоизоляторов и элементов, препятствующих выделению продуктов горения, адсорбирующих горючие газы и повышающих температуру терморазложения.

Полученные материалы в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.044 «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения» подвергли оценке горючести методом экспериментального определения группы трудногорючих и горючих твердых веществ и материалов на приборе ОТМ. Также исследовались и их механические свойства [2].

Испытания полимерных материалов с добавками (1-5 масс.%) полученного антипирена показали положительные результаты: добавки таких антипиренов в полимерную матрицу позволяют перевести полимер в группу трудновос-

пламеняемых материалов; механические свойства их не только не ухудшаются, но и улучшаются для вторичных материалов.

Таким образом, результаты исследований позволяют сделать следующие выводы. Применение минеральных добавок (бентонитовых глин) в составе разработанного антипирена безусловно перспективное направление в силу следующих их преимуществ:

- высокой природной дисперсности;
- способности к принудительному диспергированию;
- экологической чистоты;
- способности к модифицированию;
- совместимости с полимером;
- отсутствием необходимости переналадки технологического процесса;
- наличием в природе основы – ископаемых бентонитовых глин;
- наличием модификаторов в виде отходов;
- низкой стоимости.

Полученные результаты позволяют надеяться, что разработанные антипирены заменят галогенпроизводные антипирены, являющиеся эффективными, но высокотоксичными веществами, составят альтернативу наиболее масштабно используемым гидроксидам алюминия и магния, которые ухудшают механические свойства полимеров, а также расширит области применения полимерных и композиционных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобрышева С.Н., Подобед Д.Л., Кашлач Л.О. Снижение горючести полимерных материалов. // Междунар. научн.-практич. журн. «Чрезвычайные ситуации: образование и наука». – 2013. – №2 (8). – С. 51–57.
2. Бобрышева С.Н. Новые материалы в технологиях предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций / С.Н. Бобрышева, Л.О. Кашлач, Д.Л. Подобед // Промышленность региона: проблемы и перспективы инновационного развития: II Республиканская науч.-технич. конф. с междунар. участием. – Гродно, 2012, – С. 12-14.
3. Подобед Д.Л., Бобрышева С.Н., Потапенко С.В. Тимошенко В.В., Мельников С.Ф., Шаповалов В.М. Антипирены для полимерных строительных материалов. /Горная механика и машиностроение. №4, 2016, - С.44-54.
4. Полимерные материалы в строительстве: [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://perekos.net/sections/view/59> Дата доступа: 01.04.2016.

УДК 630.432

В. В. Богданова, О. И. Кобец

Учреждение Белорусского Государственного университета
«Научно-исследовательский институт физико-химических проблем»

ОГНЕПРЕГРАЖДАЮЩИЙ СОСТАВ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ

Проведены сопоставительные исследования огнезащитно-огнетушащей эффективности и физико-химических свойств нового средства комплексного действия, получившего название Комплексил, по сравнению с известными специализированными составами для огнезащиты лесных (Метафосил) и тушения торфяных (Тофасил) пожаров.

Ключевые слова: средство для огнезащиты и тушения, лесные горючие материалы, торф, огнезащитно-огнетушащие свойства, атмосферостойкость.

V. V. Bogdanova, O. I. Kobets

FIRE-FIGHTING CHEMICALS FOR THE PREVENTION AND EXTINGUISHING OF NATURAL FIRE

Comparative studies of the fire-protective and fire-extinguishing efficiency and physical chemical properties of the new product of complex action, called Kompleksil, in comparison with the known specialized compounds for fire protection of forest (Metafosil) and peat fire extinguishing (Tofasil) have been carried out.

Keywords: means for fire protection and suppression, forest combustible materials, peat, fire-protective, fire-extinguishing properties, weather resistance.

Ранее нами разработаны специализированные огнезащитный (Метафосил) и огнетушащий (Тофасил) составы для предупреждения и тушения соответственно лесных и торфяных пожаров [1]. Как показала практика применения специализированных составов, назрела необходимость создания средства тушения комплексного действия, способного эффективно предотвращать и тушить разные по своей химической природе горючие материалы такие, как древесина и торф. Одновременно при разработке нового огнезамедлительного средства (Комплексил) необходимо было обеспечить улучшенные или сопоставимые с базовыми средствами тушения и огнезащиты свойства: смачивающую, карбонизирующую способность и атмосферостойкость.

Цель данной работы состояла в проведении сопоставительных исследований огнезащитно-огнетушащей эффективности и физико-химических свойств нового средства, получившего название Комплексил, с Метафосилом и Тофасилом. Комплексил, как и составы сравнения, представляет собой синтетическую суспензию аммонийных фосфатов двух-, трехвалентных металлов в растворном компоненте с уменьшенным содержанием фосфора, что в целом позволило снизить его стоимость.

Для огнезащиты и тушения использовали огнезадерживающие средства одной концентрации и привеса (7 %). Огнезащитные свойства по отношению к древесине определяли по ГОСТ 16363, огнетушащие по отношению к торфу – по потере массы после огневого воздействия. Огнетушащую эффективность составов по отношению к древесине определяли на лабораторных очагах (Л0,1А) из сосновых брусков, сложенных слоями в виде штабеля, по методике, моделирующей проведение испытаний огнетушащей эффективности при ликвидации пожаров класса А (твердые горючие материалы) [2]. Смачивающую способность находили по количеству поглощенного состава в пересчете на один грамм сухого вещества торфа (в %/г). О карбонизирующей способности судили по данным комплексного термического анализа исходных и огнезащищенных образцов горючих природных материалов. Данные дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрии (ДСК, ТГ) получали на приборе Netzsch STA 449 C в условиях повышения температуры со скоростью 10 К/мин от 20 до 600 °С в атмосфере кислород/азот (20/80).

Химический состав Комплексила, специализированных средств (Метафосил, Тофасил), сопоставительные данные по эффективности исследуемых огнезадерживающих средств, воды и растворов ПАВ по отношению к древесине и торфу представлены в таблице.

Из данных таблицы следует, что Комплексил обладает более высокими огнезащитными свойствами по отношению к древесине по сравнению с базовыми составами: потеря массы после огневых испытаний огнезащищенных комплексным составом образцов снижается в 2-2,3 раза, а температура отходящих газов (T_r) – на 100-110 °С. Для воды и раствора ПАВ те же параметры после испытаний несопоставимо хуже: Δm выше в 9,3 раза, а T_r – на 470 °С. Установлено также, что Комплексил и базовые ОС по сравнению с водой лучше смачивают торф (их смачивающая способность выше в 1,5-2 раза), в 7-11 раз эффективнее снижают потерю его массы после огневых испытаний. Характерно, что Комплексил, обладает лучшей смачивающей способностью и сопоставимой огнетушащей эффективностью с Тофасилом. Полученные данные свидетельствуют, что Комплексил обладает лучшей со специализированными составами огнезадерживающей способностью.

**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**

Таблица. Химический состав, огнезащитная и огнетушащая эффективность на древесине и торфе огнезадерживающих составов, воды и раствора ПАВ

ОС	Молярные соотношения основных компонентов ОС $Al_2O_3:ZnO:CaO:$ $:MgO:HCl:NH_3:$ $:P_2O_5:SiO_2$	Огнезащитная эффективность на древесине			Огнетушащая эффективность на древесине, удельный расход на очаг, dm^3/m^2	Огнетушащая эффективность на торфе ¹	
		$\Delta m, \%$	Температура отходящих газов, $T_g, ^\circ C$	Группа огнезащитной эффективности		$\Delta m, \%$	Смачивающая способность, $\%/г$
Метафосил	0,25:0,75:0:0:0: :5,9:3,1:0,43	8,6	267	1	0,19	5,7	9,6
Тофасил	0,25:0,75:0:0:0: :13,2:5,31:0,43	10,0	254	2	0,18	5,1	15,7
Комплексил	0:0:0,33:0,33: :1,47:6,93:1,9:0	4,2	157	1	0,178	4,3	15
Вода	-	39,1	627	-	0,50	46,6	7,6
1 % р-р ПАВ	-	39,1	627	-	0,25 ²	46,6	11,5

Примечание 1 – Относительная влажность исходного торфа – 48,6 %, зольность – 11,24 %; время тления исходного торфа во время огневых испытаний – 510 с, огнезащищенные образцы не тлеют.

Примечание 2 – Наблюдалось повторное воспламенение (через 3 мин).

При исследовании факторов более высокого огнезадерживающего действия Комплексила изучены его физико-химические свойства и базовых составов, ответственные за прекращение горения природных полимерных материалов (древесины и торфа): температура начала образования и растекаемость расплавов, теплопоглощающие, карбонизирующие свойства, данные по выходу азот- и фосфорсодержащих летучих продуктов термоллиза в газовую фазу. Калориметрические и термогравиметрические исследования (ДСК и ТГ) исходных и огнезащищенных образцов древесины и торфа (200–600 °С) выявили высокую карбонизирующую способность Комплексила по отношению к древесине и торфу, более высокую с базовыми ОС (рисунок).

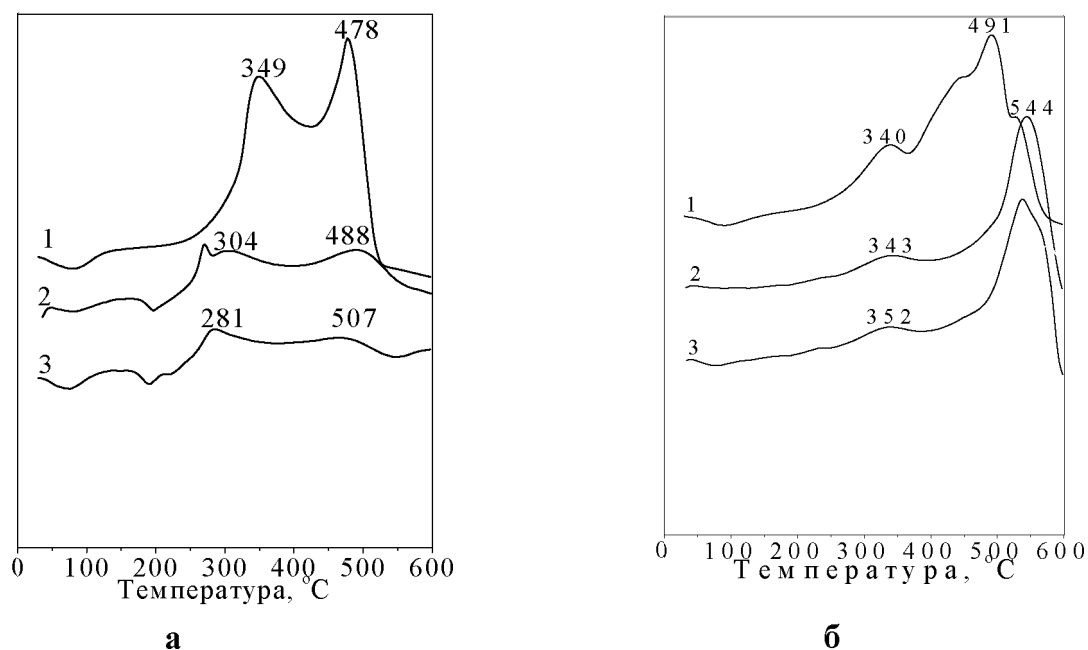


Рисунок. Данные ДСК для исходных и огнезащищенных образцов древесины и торфа:
 (а) – Кривые ДСК для древесных опилок: 1 – исходных; 2, 3 – обработанных 7 % растворами Метафосилом, Комплексилом; (б) – Кривые ДСК для торфа: 1 – исходного ; 2, 3 – обработанного Тофасилом, Комплексилом

По сравнению с исходными образцами древесины (опилками) на кривых ДСК огнезащищенных опилок (рисунок, (а)) наблюдается значительное снижение интенсивности двух основных экзотермических пиков, смещение максимума первого экзо-пика в сторону более низких температур на 67–80 °С и одновременное уменьшение (на кривых ТГ) почти в 1,5 раза общей потери массы. Как известно [3], данные факты свидетельствуют о протекающих процессах дегидратации компонентов огнезащищенной древесины с образованием более термостойкого карбонизованного теплоизолирующего слоя на поверхности огнезащищенного материала и, следовательно, о хорошей карбонизирующей способности антипиренов по отношению к целлюлозосодержащим материалам. При термоллизе торфа, огнезащищенного Комплексилом или базовыми составами, по сравнению с исходным торфом наблюдается снижение интенсивности тепло- и газовыделения, что на кривых ДСК (рисунок, (б)) характеризуется уменьшением амплитуды первого и второго экзоэффектов ДСК, смещением второго пика тепловыделения в сторону более высоких температур (до 53–100 °С), а также сокращением общей потери массы на кривых ТГ. Следовательно, при термоллизе огнезащищенных образцов опилок и торфа происходит уменьшение тепло-массообмена, снижение скорости их терморазложения как на стадии начала интенсивной газификации (250–350 °С), так и на стадии глубокой термодеструкции (450–550 °С). На основании изучения физико-

химических и термических свойств исследуемых огнезамедлительных систем и огнезащищенных ими природных материалов установлена роль процессов в конденсированной и газовой фазах, протекающих во время термолиза с образованием изолирующих вспененных и карбонизованных структур, экранирующих легкоплавких стеклообразных покрытий и газообразных азот-, фосфорсодержащих ингибиторов горения. Показано, что доминирующим процессом в механизме огнеподавляющего действия составов является ингибирование радикальных реакций в газовой фазе летучими в основном азотсодержащими продуктами термолиза.

В условиях экспериментальной базы НПЦ ГОУ МЧС проведены испытания огнетушащей эффективности Комплексила при тушении очагов пожара класса А, а также полигонные испытания его огнезащитной и огнетушащей эффективности в лесном массиве и в очаге горения торфа [4, 5]. При тушении очагов пожара ранга 2А показана высокая надежность применения ОС комплексного действия, сравнимая с Метафосилом, причем, спустя положенные по методике 10 мин после тушения в обоих случаях отсутствовало повторное воспламенение горючего материала. Натурными испытаниями Комплексила в лесном массиве в качестве профилактического огнезащитного средства длительного действия установлено, что огнезащитные свойства состава на лесном горючем материале при пожарной опасности в сосняке мшистом по условиям погоды соответствующей 3 классу при плотности вылива $1,5-1,8 \text{ л/м}^2$ сохраняются не менее 30 суток при количестве выпавших осадков за этот период до 34 мм. При этом на 30-е сутки испытаний атмосферостойких свойств состава комплексного действия глубина распространения фронта огня по огнезащищенной полосе лесного горючего материала (6 м) составила 0,92 м, то есть по условиям методики испытаний не превысила одной четвертой части ее ширины. Полученные данные по огнезащитным свойствам и атмосферостойкости для Комплексила и Метафосила почти одинаковы. При применении Комплексила для локализации и тушения очага торфяного пожара показано, что при плотности вылива его 8 % рабочего раствора до 40 л/м^2 горение и тление торфа прекращается. Благодаря высокой смачивающей способности состава влажность торфа в очаге пожара после его подачи по сравнению с исходным торфом увеличилась в 2–3 раза и составила: 58,4; 67,3 и 75,0 % на глубине соответственно 0-10, 11-20 и 21-30 см. При этом через сутки повторного возгорания торфяной залежи не наблюдалось, тогда как после тушения водой аналогичного торфяного очага процесс горения и тления торфа возобновился.

Технология получения Комплексила не оказывает вредного воздействия на окружающую среду, поскольку сточные воды, твердые и жидкие отходы, выбросы в атмосферу вредных веществ в производстве огнезащитно-огнетушащей суспензии отсутствуют. Санитарно-токсикологическими и лесоводственными

исследованиями установлено, что Комплексил относится к веществам IV класса опасности (малоопасные вещества) и не влияет на агрохимические показатели почвы и даже улучшает условия роста лесных фитоценозов.

Таким образом, лабораторными и полигонными огневыми испытаниями показано, что Комплексил по огнезащитной, огнетушащей эффективности, физико-химическим, термическим свойствам и надежности при борьбе с лесными и торфяными пожарами более эффективен или сопоставим с Метафосилом и Тофасилом, являясь при этом более дешевым. В отличие от известного огнетушащего состава ОС-5 состав Комплексил не только более экономичен, но и обладает значительно более высокой атмосферостойкостью при более низкой (в 1,3 раза) концентрации рабочего раствора. Огнезащитные свойства Комплексила в лесорастительной среде сохраняются в течение как минимум 30 суток при выпадении природных осадков в количестве до 34 мм, тогда как ОС-5 эффективен только до первого дождя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Богданова, В.В.* Огнегасящий эффект замедлителей горения в синтетических полимерах и природных горючих материалах // Химические проблемы создания новых материалов и технологий: сб. ст. – Минск: БГУ, 2003. – Вып. 2. – С. 344–375.
2. *Богданова, В.В.* Огнетушащая эффективность жидкостных химических составов при тушении пожаров класса А распылительными устройствами пожаротушения / В.В. Богданова, В.В. Лахвич, А.В. Врублевский, А.С. Дмитриченко // Вестн. Команд.-инженер. ин-та МЧС Респ. Беларусь. – 2008. – № 1. – С. 35–41.
3. *Леонович, А.А.* Теория снижения горючести древесных материалов / А.А. Леонович // Drevarsky vyskum. – Bratislava, Cesko-Slovensko, 1989. – № 121. – S. 57–73.
4. Методика определения огнезащитных и огнетушащих свойств химических составов для борьбы с лесными пожарами / Утвержд. нач. НПЦ ПБ ГОУ МЧС Республики Беларусь 15.09.2000. – Гомель, 2000. – 10 с.
5. Методика оценки огнетушащих свойств химических составов для борьбы с торфяными пожарами / Утвержд. нач. НПЦ ПБ ГОУ МЧС Республики Беларусь 12.07.2001. – Гомель, 2001. – 6 с.

УДК 614.835.3

М. А. Бодров, А. Г. Азовцев, С. А. Сырбу

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ДОСТИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ КИСЛОРОДА ПРИ ОПОРОЖНЕНИИ РЕЗЕРВУАРА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

В работе говорится об условиях, которые влияют на самовозгорание пирофорных отложений. Обращено внимание на изменение концентрации кислорода в газовой фазе. Выражена формула для определения времени достижения концентрации кислорода при опорожнении РВС.

Ключевые слова: пирофорные отложения, нефтегазовая отрасль, самовозгорание, прогнозирование, математическое моделирование, хранение нефти, сероводородная коррозия.

M. A. Bodrov, A. G. Azovtsev, S. A. Syrbu

DETERMINATION OF CONCENTRATION OF OXYGEN FOR EMPTYING OF OIL TANK

At paper conditions that affect the auto-ignition of pyrophoric deposits are present. Attention is drawn to the change in the oxygen concentration in the gas phase. The formula for determining the time to reach the oxygen concentration when emptying the oil tank.

Keywords: pyrophoric deposits, oil and gas industry, auto-ignition, prediction, mathematic model, oil containing, sour corrosion.

Математическое моделирование в настоящее время используется во многих областях науки. Нельзя не сказать и о прогнозировании чрезвычайных ситуаций. В частности, можно привести пример прогнозирования опасных факторов пожаров и территории их воздействия при разрушении резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов, при их стороннем нагреве [6], моделирование опасных факторов пожара в помещении [2] и т.д. Вышесказанное говорит о том, что моделирование процессов играет очень важную роль, особенно когда дело доходит до безопасности людей.

Согласно Федеральному закону [1] производственные объекты для хранения нефти и нефтепродуктов относятся к опасным производственным объектам, т.к. там обращаются горючие вещества. Одной из причин пожаров и взры-

вов резервуаров вертикальных стальных (РВС) для хранения нефти и нефтепродуктов – это самовозгорание пирофорных отложений [5]. Самовозгорание их происходит в результате активного окисления и достижения пирофорным слоем критической температуры. Значение критической температуры зависит от условий хранения и вида хранящейся нефти и нефтепродуктов, и обычно принимается наименьшая температура самовозгорания одного из веществ, находящихся в контакте с пирофорными отложениями [5, 7]. В предыдущих работах были определены условия достижения критической температуры [5, 9], оценено теоретически влияние скорости опорожнения РВС на вероятность самовозгорания пирофорных отложений и вообще на их нагрев [8].

На самовозгорание пирофорных отложений влияет большое количество параметров [7], это наличие подложки РВС, толщина самого слоя пирофорных отложений, и его довольно низкий коэффициент теплопроводности, как было сказано выше скорость опорожнения РВС, состав газовой среды. Состав газовой среды влияет на скорость тепловыделения, которая как раз и играет главную роль в процессе самовозгорания пирофорных отложений. В данной работе была задача определить время достижения концентрации кислорода в РВС при известных геометрических параметрах РВС, скорости опорожнения РВС и начальной концентрации кислорода.

Концентрация кислорода φ_{O_2} в газовой фазе РВС определяется из соотношения (1):

$$\varphi_{O_2} = \frac{V_{O_2}}{V_{\text{газ.фаза}}}, \quad (1)$$

где V_{O_2} – объем кислорода, растворенного в объеме газовой фазы, м³;

$V_{\text{газ.фаза}}$ – объем газовой фазы, находящейся внутри РВС, м³.

Изменение объема кислорода, растворенного в объеме газовой фазы V_{O_2} будет прямо пропорционально объему поступающего воздуха, и, соответственно, скорости опорожнения резервуара (2):

$$dV_{O_2} = 0,21 \cdot G_B \cdot d\tau, \quad (2)$$

где G_B – объем кислорода, растворенного в объеме газовой фазы, м³;

$d\tau$ – изменение времени опорожнения резервуара, с;

0,21 – коэффициент, учитывающий содержание кислорода в воздухе, 21%.

При опорожнении резервуара, также увеличивается и объем газовой фазы и изменение это определяется из соотношения (3)

$$dV_{\text{газ.фаза}} = S_{\text{зер.пов.}} \cdot dh_{\text{газ.фаза}} \cdot d\tau = 0,15 \cdot S_{\text{зер.пов.}} \cdot h_{\text{РВС}} + G_B \cdot d\tau, \quad (3)$$

где $S_{\text{зер.пов.}}$ – площадь зеркальной поверхности жидкости в РВС, м²;

$dh_{\text{газ.фаза}}$ – изменение высоты газовой фазы, м;

$h_{\text{РВС}}$ – высота РВС, м;

0,15 – коэффициент, учитывающий неполное наполнение РВС (в данном случае наполненность РВС 85%).

Концентрация кислорода, имея указанные данные, будет определяться по следующей формуле (4):

$$\varphi_{O_2} = \varphi_{O_2}^0 + \frac{0,21 \cdot G_B \cdot d\tau}{0,15 \cdot S_{\text{зер.пов.}} \cdot h_{\text{РВС}} + G_B \cdot d\tau}, \quad (4)$$

где $\varphi_{O_2}^0$ – начальная концентрация кислорода, %.

Переместив из формулы (4) объем кислорода поступающего в РВС в левую часть, а в правую часть увеличивающийся с течением времени имеющийся объем кислорода получится формула (5), где графическим решением и будет цель данной работы:

$$0,21 \cdot G_B \cdot d\tau = (\varphi_{O_2} - \varphi_{O_2}^0) \cdot (0,15 \cdot S_{\text{зер.пов.}} \cdot h_{\text{РВС}} + G_B \cdot d\tau), \quad (5)$$

Решая формулу (5) для РВС объемом 5000 м^3 с производительностью насоса $25 \text{ м}^3/\text{мин}$, с начальной концентрацией кислорода в газовой фазе 10%. Необходимо узнать время, когда концентрация кислорода достигнет 15%. Графическое решение данной задачи представлено на рисунке.

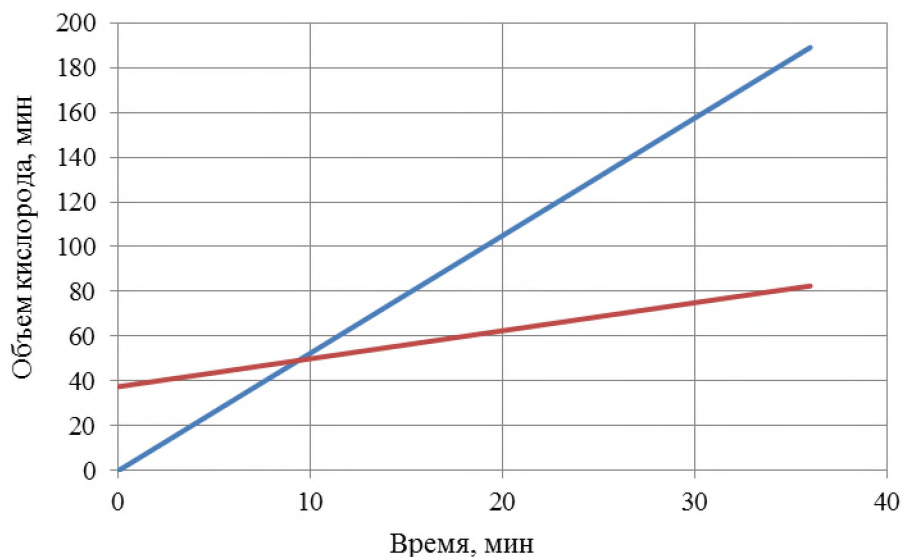
Выражая время τ из соотношения (5) получится формула для определения времени достижения концентрации кислорода (6):

$$\tau = \frac{\varphi_{O_2} - \varphi_{O_2}^0}{0,21 - \varphi_{O_2} + \varphi_{O_2}^0} \cdot \frac{0,15 \cdot V_{\text{РВС}}}{G_B}, \quad (6)$$

где $V_{\text{РВС}}$ – объем РВС, м^3 ;

Подставив значения вышеуказанной задачи, получим значение 9,375 мин, что соответствует графическому решению на рисунке.

С помощью выведенной формулы определяется время, при достижении которого, тепловые процессы, возникающие при окислении пирофорных отложений, начинают превышать по значению процессы теплоотдачи. Это позволяет определять время, при известных начальных параметрах, после которого вероятность пирофорных отложений самовозгореться увеличивается.



— — объем находившегося внутри РВС кислорода в газовой фазе, м³;
 — — объем поступающего внутрь РВС кислорода, м³.

Рисунок. Графическое решение формулы (5)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 21.07.1997 №116-ФЗ «О промышленной безопасности».
2. Кошмаров Ю.А. «Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении» Учебное пособие – М.: Академия ГПС МВД России 2000. 118 с.
3. 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. – Ч. 1 – 713 с; Ч. 2 – 774 с.
4. Демидов П.Г., Шандыба В.А., Щеглов П.П. Горение и свойства горючих веществ. – 2-е изд., перераб. – М.: Химия, 1981. – 272 с.
5. Азовцев А.Г., Салихова А.Х., Сырбу С.А. Образование пирофорных отложений на внутренней поверхности оборудования для хранения нефти и нефтепродуктов как возможность возникновения чрезвычайных ситуаций [Текст]. Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2016. № 2 (19). С. 53-55.
6. Карауш С.А. Оценка параметров промышленных взрывов [Текст]: учебное пособие / С.А. Карауш. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – 96 с.
7. Бояров А.Н. Механизм формирования и защита от самовозгорания пирофорных отложений в вертикальных резервуарах. [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.26.03: защищена 2010 / Бояров Антон Николаевич. – Уфа, 2010. – 129 с.
8. Азовцев А.Г., Сырбу С.А. Влияние скорости опорожнения резервуара для хранения нефти и нефтепродуктов на вероятность самовозгорания пирофорных отложений [Текст]. Материалы VI-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности - 2017». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. – 480 с.

9. *Заседателева Н.А., Реформатская И.И., Подобаев А.Н., Бегушев И.Р.* Образование пожароопасных пирофорных отложений при коррозии стали в сероводородной газовой среде: Материалы четырнадцатой научно-технической конференции «Системы безопасности» - СБ-2005. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 299 с.

10. *Петров А.П., Иванов В.Г., Глухов Г.Ю.* Исследование опасности самовозгорания пирофорных отложений в резервуарах с нефтью. [Интернет-ресурс] Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» (<http://ipb.mos.ru/ttb>) URL-ссылка: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2009-3/08-03-09.ttb.pdf>.

УДК: 614.847.9

А. Н. Бочкарев, М. С. Кнутов, Р. И. Харламов, А. Д. Семенов
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

УСТРОЙСТВО НА ОСНОВЕ ВИХРЕВОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ПОДОГРЕВА РУКАВНЫХ ЛИНИЙ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР

Анализ литературных данных [1] показал, что материальный ущерб от пожара зависит не только от эффективной деятельности пожарно-спасательных подразделений, уровня подготовки личного состава и оснащенности техникой, но и от степени влияния климатических факторов.

Ключевые слова: пожар, климат, пожарные рукава, рукавная линия, огнетушащие вещества, теплогенератор.

A. N. Bochkarev, M. S. Knutov, R. I. Kharlamov, A. D. Semenov

DEVICE-BASED VORTEX HEAT FOR HEATING THE HOSE LINES FREEZING CONDITIONS

The analysis of literature data showed that the material damage from a fire depends not only on effective operation of fire and rescue units, training level of personnel and of equipment technology, but also on the degree of influence of climatic factors.

Keywords: fire climate, fire hoses, hose line, extinguishing agent, heat generator.

Наибольшую сложность представляют сложные и затяжные пожары в условиях холодного и очень холодного климата, в связи с тем, что требуется длительное время подавать большие объемы огнетушащих веществ, что приводит к обледенению рукавных линий. Обледенение рукавных линий сопровождается

снижением требуемого расхода огнетушащих веществ, вследствие образования на внутренней поверхности пожарного рукава слоя льда.

Наибольшее количество отказов приходится на пожарный автомобиль (42,6 %) и напорную рукавную линию (37,2 %). Это является одной из причин, по которой происходит увеличение площади пожара в зимний период [2] (рис. 1).

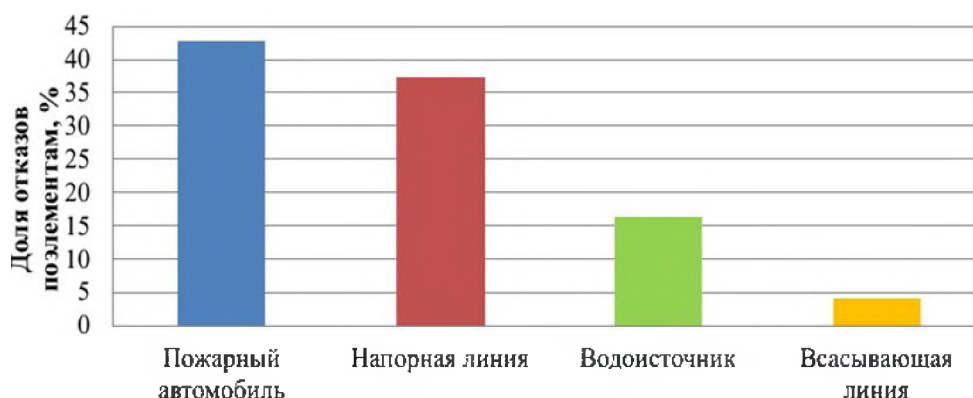


Рис. 1. Распределение отказов элементов пожарного автомобиля по причине влияния низких температур, как мы видим одной из основных причин отказа пожарной техники является выход из строя напорной линии

Учеными получены значения наиболее неблагоприятных климатических условий [2] для каждого района, ими была определена работоспособность схем развертывания сил и средств от основных пожарных автомобилей, получены значения предельных длин магистральных линий диаметром 65 мм и 80 мм при метеорологических условиях характерных для каждого района (рис. 2).

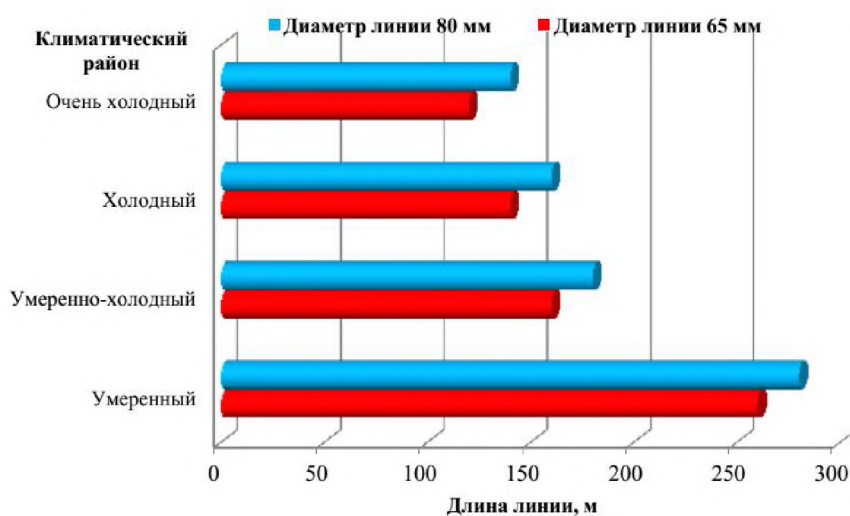


Рис. 2. Длины магистральных линий не подверженных обледенению при наиболее продолжительных сочетаниях температуры и скорости ветра при расходе на тушение 14 л/с

Для дальнейшего изучения работоспособности рукавных линий, определим особенности течения воды под воздействием низких температур. Рассмотрим схему разворачивания [6] (рис. 3).

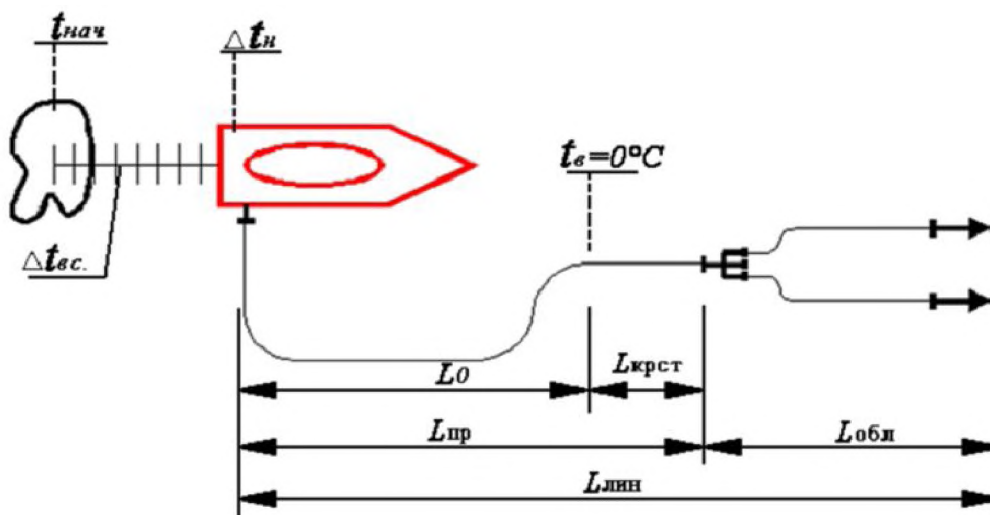


Рис. 3. Характерные участки рукавных линий при низкой температуре:
 L_0 – участок рукавной линии, на котором вода охлаждается до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, м; $L_{крст}$ – участок рукавной линии, на котором происходит переохлаждение воды до начала кристаллизации, м; $L_{пр}$ – предельная длина рукавной линии до начала обледенения, м;
 $L_{обл}$ – участок обледенения рукавной линии, м

В рукавной линии можно выделить три характерных участка:

- первый участок L_0 представляет собой часть рукавной линии, на котором вода охлаждается до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$;

- второй участок $L_{крст}$ характеризуется тем, что вода охлаждена до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, но лед на внутренней поверхности металлической арматуры и рукавов еще не образуется. На этом участке происходит переохлаждение воды до начала кристаллизации.

- третий участок $L_{пр}$ представляет предельную длину рукавной линии до начала обледенения. Это наиболее опасный участок, так как интенсивное образование льда на рукавной арматуре приводит к уменьшению пропускных способностей рукавов, поэтому он и выступает в качестве критерия для оценки работоспособности насосно-рукавной системы пожарного автомобиля в условиях низких температур [6].

В настоящее время для тушения крупных пожаров привлекается пожарная техника, обеспечивающая подачу больших объемов огнетушащих веществ [3; 4]. Основным силовым агрегатом на пожарном автомобиле является двигатель внутреннего сгорания, а подача огнетушащих веществ осуществляется с

помощью центробежного пожарного насоса. Надежность работы таких насосов характеризуется состоянием перекачиваемой жидкости - концентрацией взвешенных частиц. [7]

В связи с этим согласно «Методическим рекомендациям по обеспечению работоспособности насосно-рукавных систем пожарных автомобилей при тушении пожаров в условиях экстремально низких температур окружающей среды, в том числе на объектах энергетики 2014г» проводятся мероприятия по поддержанию работоспособности рукавных линий заключающиеся в:

- заправке автоцистерн горячей водой;
- установление режима работы рукавных линий без прекращения подачи воды;
- утепление разветвлений и рукавных головок снегом и подручными материалами;
- установление режимов работы насоса на повышенных оборотах с не полностью открытым патрубком;
- использование для поддержания работоспособности рукавных линий паяльных ламп и факелов.

Подобные мероприятия могут повлиять на продолжительность работы рукавных линий при определенных климатических условиях. Однако при тушении крупных, затяжных пожаров и аварийном водоснабжении объектов при низких температурах воздуха перечисленные способы защиты рукавных линий от обледенения могут быть неэффективны. Следовательно, необходимо применять более мощные технические решения, направленные на противодействие замерзанию рукавных линий.

Анализ существующих установок подогрева воды показал, что наиболее перспективным техническим средством для поддержания положительной температуры динамического потока воды в рукавной линии является использование вихревых теплогенераторов (ВТГ), которые в настоящее время широко используются для отопления жилых и административных зданий [5].

В настоящее время конструкция вихреготеплогенератора представляет собой: 1 - входной патрубок; 2 - теплогенератор; 3 - выходной патрубок; 4 - соединительная муфта; 5 – электродвигатель (рис. 4).

При подаче во входной патрубок активного генератора холодной воды она раскручивается принудительно вращающимся ротором, ускоряется, частично активизируется и нагревается, движется в направлении неподвижного тормозного устройства, где затормаживается, дополнительно активизируется и нагревается и через выходной патрубок поступает наружу.

Нами рассматривается установка с использованием ВТГ, где электродвигатель заменен на двигатель внутреннего сгорания. Масса установки составила 68 кг, что позволяет осуществлять переноску устройства двумя пожарными (рис. 5).

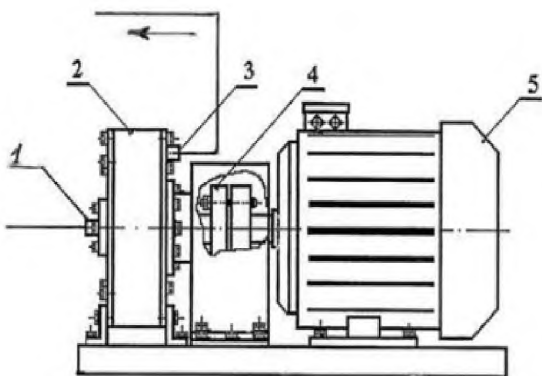


Рис. 4. Схема вихревого теплогенератора

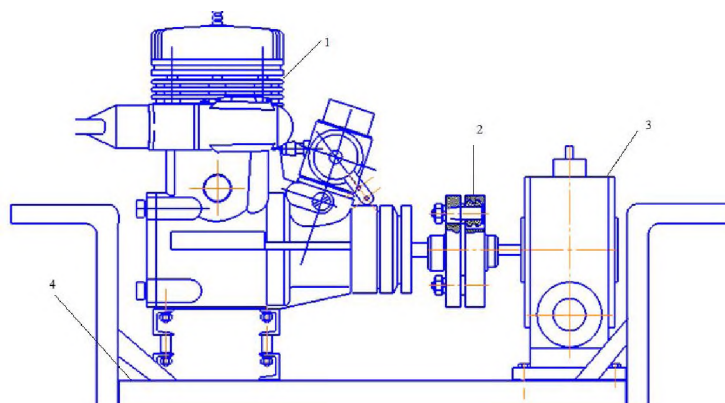


Рис. 5. Схема ВТГ с использованием двигателя внутреннего сгорания: 1- двигатель внутреннего сгорания, 2 – соединительная муфта, 3 – кавитатор, 4 – рама

Проведены расчеты изменения температуры смеси воды вихревым теплогенератором в рукавных линиях, установлено, что при расходе 14 л/с вода в рукавной линии подогревается на 1,3 °С. Получена графическая зависимость температуры смеси на выходе из ВТГ от расхода воды при различных оборотах двигателя внутреннего сгорания (рис. 6).

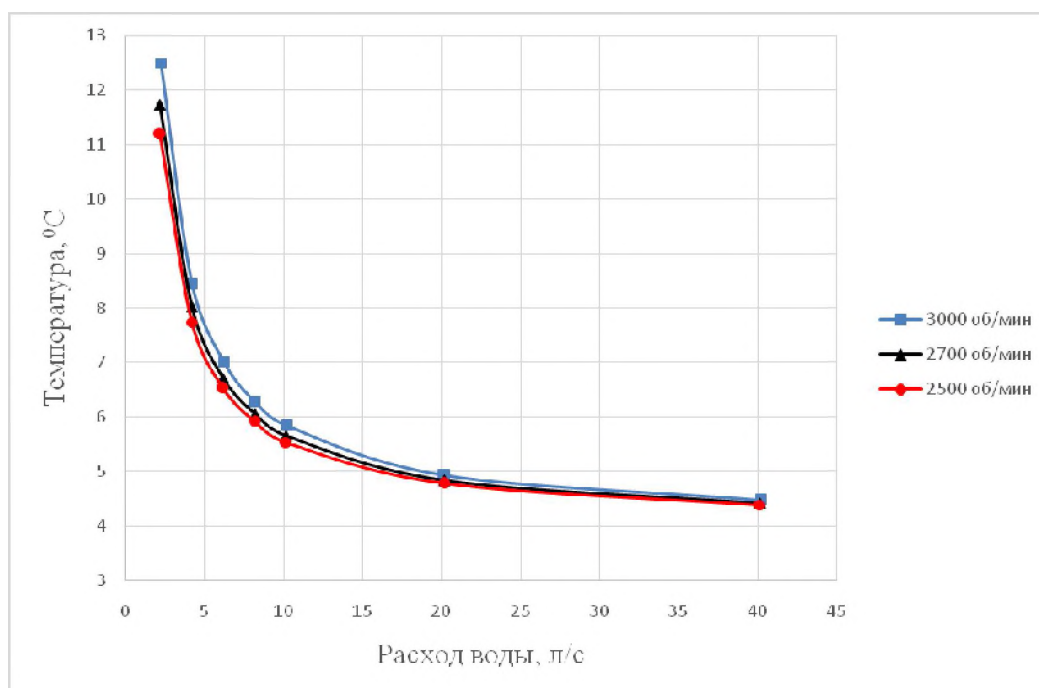


Рис. 6. График зависимости температуры смеси воды в рукавной линии при использовании ВТГ - 15 от расхода воды при различных оборотах двигателя внутреннего сгорания

Таким образом:

1. На отказ в работе магистральных линий по причине их обледенения влияют не только погодные условия, но и сами параметры линии. Увеличение диаметра линии и уменьшение расхода, повышают вероятность замерзания рукавной линии.

2. Рассмотрено конструктивное решение технического устройства для подогрева воды в рукавных линиях на основе вихревого теплогенератора с использованием двигателя внутреннего сгорания.

3. Получены зависимости температуры смеси на выходе из ВТГ от расхода воды при различных оборотах двигателя внутреннего сгорания (таблица).

Таблица. Зависимости температуры смеси на выходе из ВТГ от расхода воды при различных оборотах двигателя внутреннего сгорания

№	Наименование параметров	Расход воды, л/с							
		ВТГ – 15							
	Частота вращения ВТГ, об/мин	Температура смеси	2	4	6	8	10	20	40
1	$n_1 = 3000$	°С	12,5	8,45	7,01	6,27	5,83	4,92	4,46
2	$n_1 = 2700$	°С	11,7	8,02	6,72	6,05	5,65	4,83	4,41
3	$n_1 = 2500$	°С	11,19	7,7	6,52	5,9	5,53	4,77	4,4
ВТГ – 7,5									
1	$n_1 = 3000$	°С	10,2	7,2	6,2	5,6	5,3	4,7	4,33
2	$n_1 = 2700$	°С	9,64	6,9	5,96	5,5	5,2	4,6	4,30
3	$n_1 = 2500$	°С	9,25	6,7	5,8	5,4	5,1	4,55	4,28
ВТГ-22									
1	$n_1 = 3000$	°С	14,13	9,35	7,63	6,75	6,21	5,12	4,56
2	$n_1 = 2700$	°С	13,2	8,84	7,28	6,48	5,99	5,0	4,5
3	$n_1 = 2500$	°С	12,59	8,5	7,04	6,3	5,85	4,93	4,47

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожары и пожарная безопасность в 2016 г. Статистика пожаров и их последствий // статистический сборник: – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2016. [Электронный ресурс]. URL:<http://wikifire.org/2fsbornik2016.pdf> (дата обращения: 01.09.2017).

2. Методические рекомендации по обеспечению работоспособности насосно-рукавных систем пожарных автомобилей в условиях экстремально низких температур окружающей среды, в том числе на объектах энергетики: Методические рекомендации / М.В. Алешков, О.В. Двоенко, И.А. Ольховский. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. - 64 с.

3. *Моисеев Ю.Н.* Пожарная техника. Мобильные средства пожаротушения: Учебное пособие / Ю.Н. Моисеев, В.В. Терехнев. - ИИ ГПС МЧС России, 2013. - 159 с.

4. *Ольховский И.А.* Технология применения рукавных систем с пропускной способностью более 100 л/с тушения пожаров на объектах энергетики: Дис. канд. техн. наук: 05.26.03 / И.А. Ольховский – М.: 2014. – 145 с.

5. *Козлов С.В.* Методы обеспечения надежности тепловых гидродинамических насосов / С.В. Козлов // Самиздат. - 2009. – [Электронный ресурс]. URL: http://samlib.ru/k/kozlow_serгей_wladimirowich/nadegnostteplogeneratorov.shtml. (дата обращения: 05.04.2017).

6. *Алешков М. В.* Повышение работоспособности напорных рукавных линий при тушении пожаров в условиях низких температур: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / Алешков Михаил Владимирович. — М., 1990. — 293 с.

7. *Семенов А.Д.* Оборудование для защиты пожарного насоса при заборе воды из открытого водоисточника, / Семенов А.Д., Харламов Р.И., Курочкин В.Ю., Бочкарев А.Н., Кнутов М.С., // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции Иваново, 2017. - С. 205-208.

УДК 621

К. М. Волкова, А. В. Топоров

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАГНИТОУПРАВЛЯЕМОЙ НАНОЖИДКОСТИ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ

Рассмотрены вопросы технологии изготовления магнитной жидкости для очистки воды, загрязненной нефтепродуктами.

Ключевые слова: магнитоуправляемая наножидкость, технология изготовления, очистка воды.

K. M. Volkova, F. V. Toporov

MAGNETIC FLUID FOR WATER CLEANING MANUFACTURING TECHNOLOGY

The issues of the technology of manufacturing a magnetic fluid for water treatment contaminated with oil products are considered.

Keywords: magnetically controlled nanofluid, manufacturing technology, water purification.

Одной из основных проблем современности является загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами. Чаще всего это происходит в водной экосистеме при аварии нефтеналивных судов во время перевозки, при утечке нефти и нефтепродуктов (НП) из береговых резервуаров и при промывке грузовых емкостей танкеров в море [1].

Попадая в воду, нефть может образовывать тонкую пленку толщиной до 2 мм, в течение 2-5 суток она расплывается, вследствие чего истончается до 10-100 мкм. Помимо этого некоторая часть нефти растворяется в воде, образуется водная эмульсия из-за тяжелых компонентов. В связи с этим становится актуальным поиск новых и усовершенствование старых методов устранения разливов [2].

Перспективным является применение магнитной жидкости (МЖ) для сбора НП с поверхности воды. МЖ распыляют на пятно, вследствие чего НП омагничивается, и образуются сгустки, которые держатся на поверхности воды несколько часов. Далее сгустки собирают с помощью роторов или транспортеров, использующих магнитное поле постоянных магнитов. Затем посредством более мощного магнитного поля на борту судна-нефтеборщика отделяют НП от магнитной составляющей. Такое поле создается электромагнитами. Отделенный от загрязнителя магнетит используют повторно, а НП в дальнейшем проходит переработку или утилизацию [3].

Магнитная жидкость – стабилизированный коллоидный раствор ферромагнетика в некоторой жидкости-носителе. Ее магнитные свойства зависят от процентного содержания магнетита, который может достигать 25 % масс. В качестве жидкости-носителя применяют керосин, воду, толуол, минеральные и кремнийорганические масла и т.д. При проведении опыта по удалению нефтепродуктов с поверхности воды использовалась следующая методика получения магнитной жидкости [4].

1. Растворить в 500 мл дистиллированной воды 24 грамма трехвалентной соли железа (хлорного или серноокислого) и 12 граммов двухвалентной соли железа.

2. Полученный раствор отфильтровать на воронке в другую колбу через фильтровальную бумагу для отделения механических примесей.

3. В первую колбу, предварительно промыв её водой, залить около 100–150 мл аммиачной воды.

4. Вливать из второй колбы отфильтрованный раствор в первую, содержащую аммиачную воду, и интенсивно взбалтывая.

5. После того, как образовавшиеся частицы магнетита в виде «дождя» под действием сил магнитного поля выпадут на дно колбы, осторожно слить около двух третей раствора в канализацию, удерживая осадок магнитом, и снова залить в колбу дистиллированную воду. Промывать несколько раз.

6. После того, как последний промывной раствор на две трети слит, загущенную суспензию отфильтровать через бумажный фильтр на воронке и полученный осадок чёрного цвета смешать с 7.5 грамма натриевой соли олеиновой кислоты.

7. Смесь поместить в фарфоровый стаканчик и, хорошо перемешивая, прогреть до 80°С на электрической плитке в течение часа.

8. Полученную «патоку» чёрного цвета охладить до комнатной температуры. Долить 50–60 мл керосина.

Керосин в качестве жидкости – носителя был выбран по причине наилучшей смешиваемости с нефтепродуктами любых марок.

Полученная таким образом магнитная жидкость хотя и обладала приемлемыми магнитными свойствами, что позволило провести удачные опыты по сбору масла И -5 с поверхности воды, через 3 месяца хранения подверглась деформации.

Таким образом, данная методика позволяет получить магнитную жидкость для проведения качественных экспериментов по удалению нефтепродуктов с поверхности воды. Для более ответственных задач полученная по данной методике жидкость не подходит в связи с малым сроком хранения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Источники загрязнения гидросферы нефтью // [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://biofile.ru/geo/23616.html>.
2. Брюханова Е.С. Процессы получения нефтесорбента пиролизом гранул на основе древесных отходов и органического связующего в слоевых аппаратах: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.17.08 / Брюханова Елена Сергеевна. – Томск, 2013. 20 с.
3. Макаров В.М. Исследование магнитных жидкостей, предназначенных для очистки воды от нефтепродуктов / В.М. Макаров, Н.А. Морозов, Ю.И. Страдомский, С.З. Калаева // Вестник ИГЭУ. – 2007. -№3. – С. 1-4.
4. Сенатская И. Байбуртский Ф. Магнитная жидкость / Наука и жизнь №11, 2001 – С. С.36-39
5. Топоров А.В. Разработка комбинированных магнитожидкостных уплотнений и исследование их трибологических характеристик: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Иваново, 2000.
6. Пучков П.В., Топоров А.В., Кропотова Н.А., Легкова И.А. Магнитожидкостное уплотнение подшипника качения В сборнике: Наука и образование в социокультурном пространстве современного общества Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. В 3-х частях. 2016. С. 33-35.
7. Термоуправляемое магнитожидкостное уплотнение Сизов А.П., Смирнов Н.А., Виноградов Е.А., Серов Ю.П., Подгорков В.В., Топоров А.В. патент на изобретение RUS 2186275 11.04.2000.

УДК 614.843.9

Ф. В. Демехин, В. И. Михайлова, И. Л. Скрипник
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВОК ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В УСЛОВИЯХ УГЛЕВОДОРОДНОГО ПОЖАРА

Представлены результаты исследований теплозащитных свойств водногелевых составов. Определены параметры модификации водногелевых составов для повышения эффективности установок тепловой защиты резервуаров для хранения нефтепродуктов.

Ключевые слова: гидрогели, электрофизическая и температурная модификация, тепловая защита, переменный частотно-модулированный потенциал, углеводородный пожар.

F. V. Demekhin, V. I. Mikhaylova, I. L. Skrypnik

IMPROVING THE EFFICIENCY OF HEAT PROTECTION EQUIPMENT IN PETROLEUM TANKS IN JET FIRE CONDITIONS

Presented results of research of heat-protective properties of water-gel compositions. The parameters of modification for increasing the efficiency of thermal protection equipment in jet fire conditions are identified.

Keywords: hydrogel, electrophysical and thermal modification, thermal protection, variable frequency-modulated potential, jet fire.

Углеводородные пожары на объектах нефтегазового комплекса являются редкими, но вместе с тем наиболее опасными авариями, приводящими в 50% случаев к каскадному распространению чрезвычайной ситуации [1].

Согласно руководящим нормативным документам при тушении пожаров в резервуарных парках хранения нефтепродуктов необходимо охлаждать соседние с горящим резервуары в группе [2].

Проблема разработки новых охлаждающих агентов на сегодняшний день является актуальной. Это связано с тем, что вода, которая используется в стационарных установках охлаждения, является относительно доступным веществом, которое с одной стороны обладает хорошими теплофизическими характеристиками, но с другой - недостаточной вязкостью и адгезией к металлоконструкциям, что выражается на практике в повышении расхода охлаждающего агента.

Водногелевые составы, полученные в условиях электрофизической и температурной модификации, при использовании в стационарных установках охлаждения позволяют решить вышеуказанные проблемы.

В качестве электрофизического воздействия на водные системы нами был выбран метод воздействия с помощью часто-модулированного потенциала (ПЧМП) [3], который изменяет надмолекулярную структуру воды, что выражается в уменьшении ее удельного электрического сопротивления, увеличении pH и изменении ИК-спектров поглощения [4]. Также при электрофизическом воздействии наблюдается сдвиг некоторых пиков рамановских спектров в диапазоне 20 – 1900 и 3000 – 3800 cm^{-1} [5]. Кроме того, авторами [6] отмечено увеличение pH водно-солевых растворов в условиях электрофизического воздействия и незначительное снижение плотности при увеличении поверхностного натяжения воды.

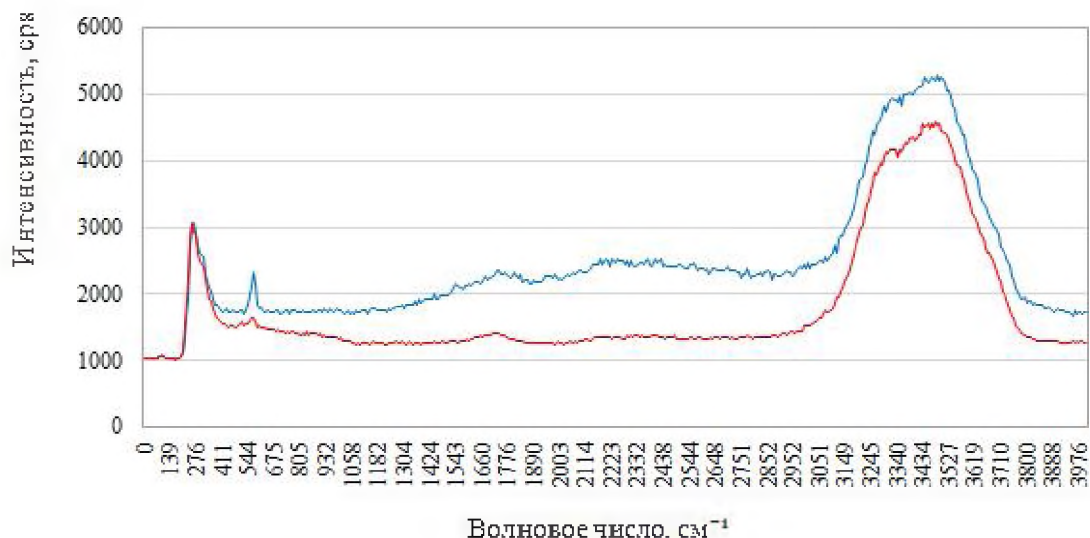
Температурная модификация ВГС основана на известных аномальных свойствах воды – уменьшении теплоемкости при повышении температуры вплоть до 40 °С и уменьшении вязкости воды при температуре от 0 до 25 °С.

Технология подготовки воды включала в себя воздействие ПЧМП с параметрами 220 В, 50 Гц в течение 30 мин. при температуре 4 °С и 20 °С. Далее в емкость с водой добавлялись навески РАП в концентрации от 0,1 до 1,0 масс. %. В течение периода гелеобразования (до 12 часов) проводилась дальнейшее воздействие ПЧМП. Стабилизация ВГС проводилась путем введения в дисперсию 20 % водного раствора аммиака в концентрации 0,1 – 1,0 масс. %.

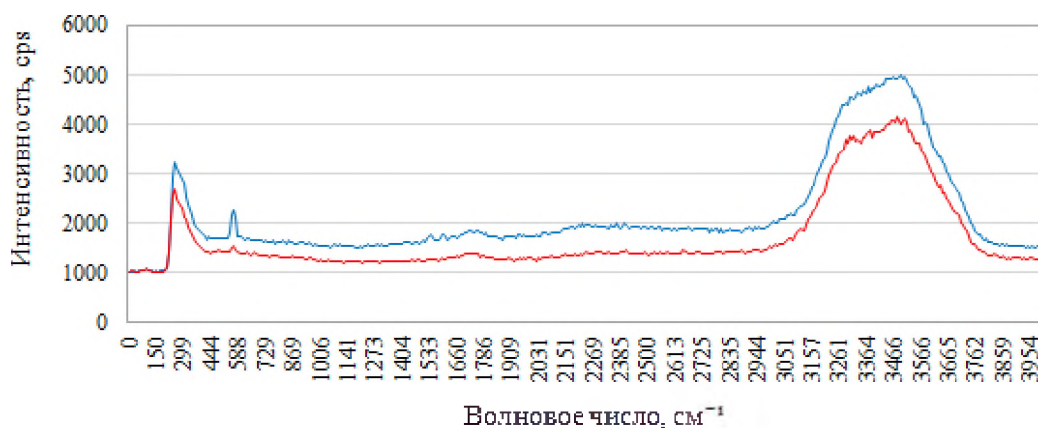
Оценка изменения характеристических пиков ВГС в условиях электрофизического воздействия проводилась методом рамановской спектроскопии на установке Ntegra Spectra с длиной волны лазера 532 нм.

Установлено, что воздействие ПЧМП на ВГС приводит к относительному уменьшению интенсивности пиков области рамановского спектра, соответствующих вибрационным колебаниям в диапазоне 560 cm^{-1} и сдвигу характеристических частот в области валентных колебаний связей О – Н воды в интервале частот ~ 3200 ... 3500 cm^{-1} (рис. 1).

Для исследования кинетики нагрева ВГС и определения зависимости теплофизических характеристик от способа модификации ВГС и концентрации РАП использовалась лабораторная установка, представленная на рис. 2. Исследуемый гидрогель равномерно распределялся на круглую металлическую пластину (1) диаметром 50 мм и толщиной 2 мм. Разогрев пластины происходил при ее непосредственном контакте с пламенем пропан-бутановой горелки (8), расположенной на расстоянии 200 мм от пластины. Температура металлической пластины фиксировалась термопарой. Предельным состоянием считалось достижение пластиной температуры 500 °С [7].



а)



б)

Рис. 1. Рамановский спектр модифицированных водногелевых составов: а) с концентрацией РАП 0,1 масс. %; б) с концентрацией РАП 0,5 масс. %

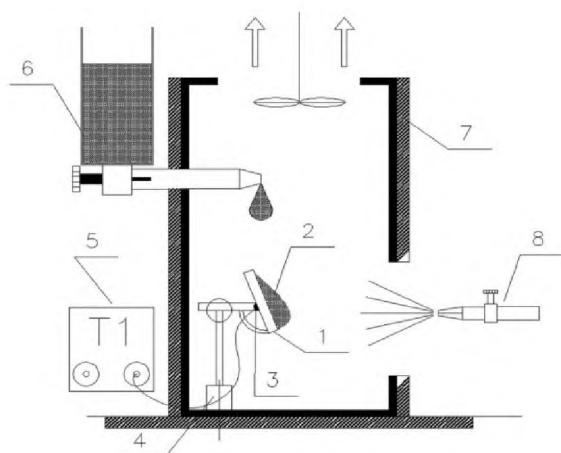


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для исследования поверхностного и объемного кипения жидкостей:

1 – металлическая пластина; 2 – слой гидрогеля на пластине; 3 – датчик термпары; 4 – штатив; 5 – цифровой мультиметр; 6 – емкость с гидрогелем; 7 – стенка камеры; 8 – форсунка горелки

**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**

В таблице приведены данные о времени достижения предельного состояния образцов, находящихся в условиях тепловой защиты. Из приведенных данных можно сделать вывод об увеличении времени достижения предельной температуры металлической пластины в условиях электрофизической и температурной модификации и повышении эффективности тепловой защиты металлоконструкции в условиях углеводородного горения.

Таблица. Время достижения предельного состояния металла при использовании в качестве средства тепловой защиты модифицированных гидрогелей

0,1% не об- раб. (4°C)	0,1% ПЧМП (20°C)	0,1% ПЧМП (4°C)	0,2% не об- раб. (20°C)	0,2% ПЧМП (20°C)	0,2% ПЧМП (4°C)	0,25% не об- раб. (20°C)	0,25% ПЧМП (20°C)
53	59	55	76	62	128	101	144
0,25% ПЧМП (4°C)	0,3% не об- раб. (20°C)	0,3% ПЧМП (20°C)	0,3% ПЧМП (4°C)	0,5% не об- раб. (20°C)	0,5% ПЧМП (20°C)	1% ПЧМП (20°C)	Вода
84	133	64	82	92	95	144	75

Кинетика нагрева модифицированных ВГС представлена на рис. 3-4. Из полученных данных можно сделать вывод, что время достижения металлом максимальной температуры возрастает с увеличением концентрации гелеобразующего компонента.

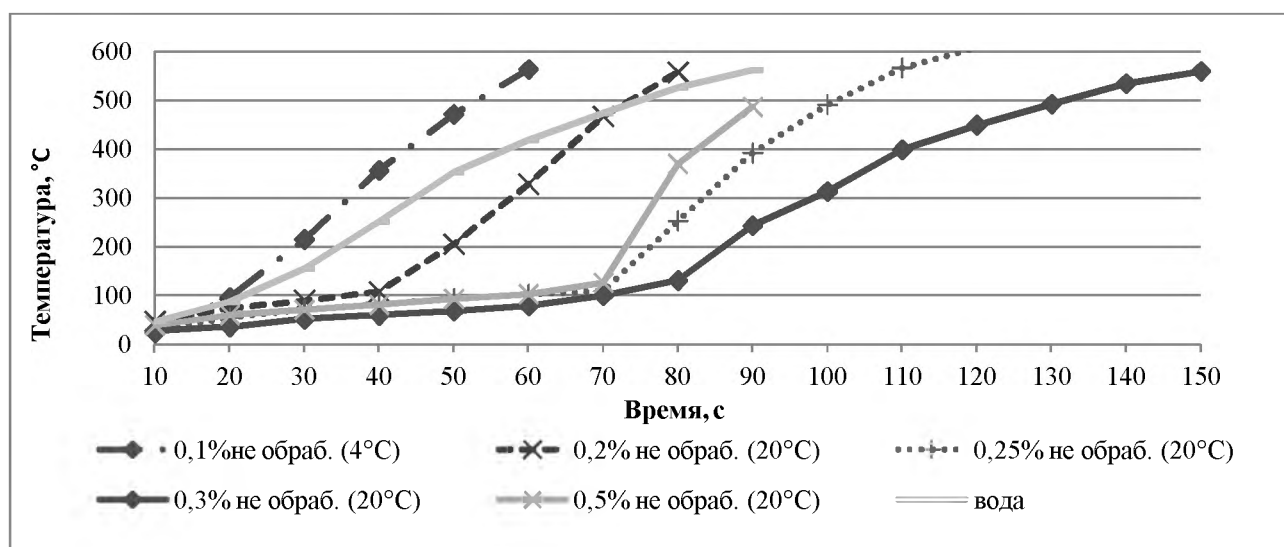


Рис. 3. Кинетика нагрева металла при использовании ВГС с концентрацией РАП 0,1...0,5 масс %, в сравнении с дистиллированной водой

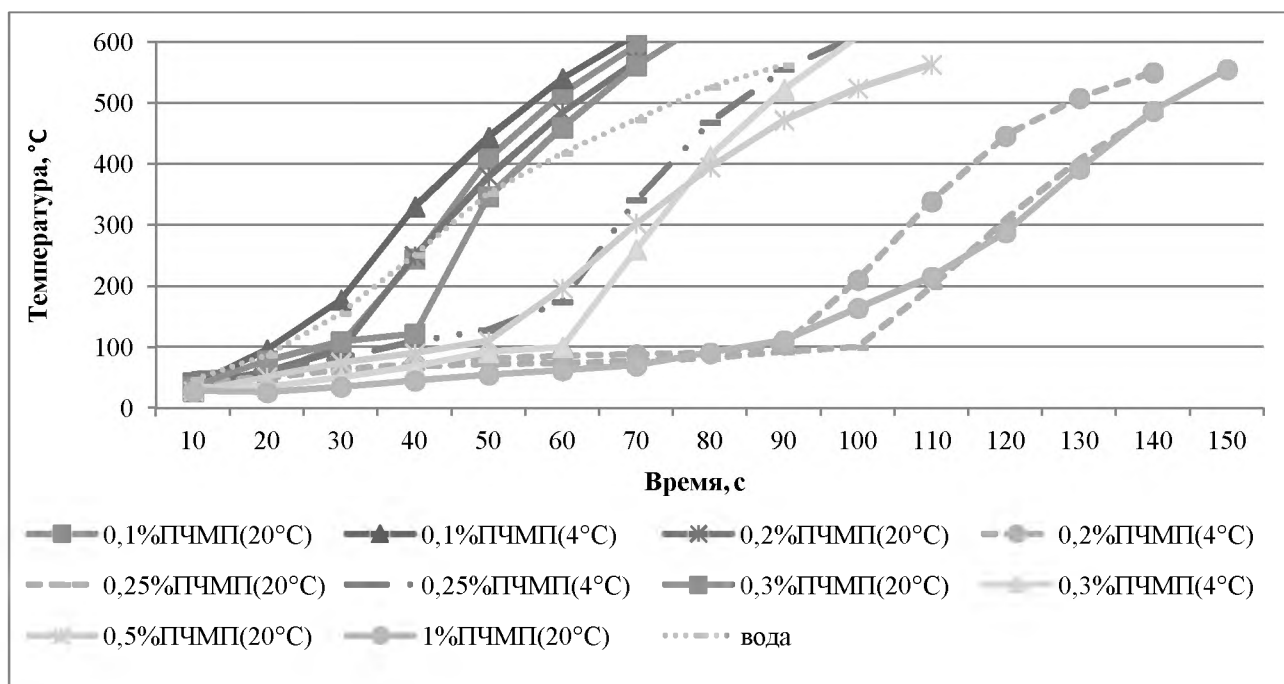


Рис.4. Кинетика нагрева металла при использовании ВГС с концентрацией РАП от 0,1 до 1,0 масс %, в сравнении с дистиллированной водой

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Ключевыми для электрофизической и температурной модификации являются условия применения ПЧМП, структурное строение воды при температуре, соответствующей процессу гелеобразования.

2. Применение электрофизической и температурной модификации позволяет изменять теплофизические характеристики ВГС, что может использоваться для повышения эффективности установок тепловой защиты, как для повышения скорости отвода тепла от поверхности нагрева, так и для обеспечения тепловой изоляции объекта защиты в условиях углеводородного пожара [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gomez-Mares M., Zarate L., Casal J. Jet fire and the domino effect //Fire safety journal. 2008. №. 43. P. 583-588.

2. Руководство по тушению пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. М.: ГУГПС, ВНИИПО МВД России, 1999. 86 с.

3. Способ и устройство управления физико-химическими процессами в веществе и на границе раздела фаз: пат. 2479005 Рос. Федерация; Ивахнюк Г.К. (RU), Матюхин В.Н. (RU), Клачков В.А. (RU), Шевченко А.О. (RU), Князев А.С. (RU), Ивахнюк К.Г. (RU), Иванов А.В. (RU), Родионов В.А. (RU), Опубликовано: 10.04.2013. Бюл. № 10 Федеральной службы по интеллектуальной собственности] URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2479005> (дата обращения: 10.05.2017).

4. Бессонова А.П., Стась И.Е. Влияние высокочастотного электромагнитного поля на физико-химические свойства воды и ее спектральные характеристики //Ползуновский вестник. 2008. Т. 3. С. 305-309.

5. Pang X.F., Deng B. Investigation of changes in properties of water under the action of a magnetic field //Science in China Series G: Physics, Mechanics and Astronomy. 2008. Т. 51. №. 11. С. 1621-1632. DOI: 10.1007/s11433-008-0182-7.

6. Иванов А.В., Пятин Д.В., Ивахнюк Г.К. Определение физико-химических свойств модифицированных водных растворов для управления процессом детоксикации почв в условиях чрезвычайных ситуаций на объектах нефтегазового комплекса // Проблемы управления рисками в техносфере : Научно-аналитический журнал. СПб.: СПбУ ГПС МЧС России. 2015. № 1 (33). С. 29–26.

7. ГОСТ 30247.0-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования // StandartGOST.ru – открытая база ГОСТов. URL: <http://standartgost.ru/> (дата обращения: 11.06.2016)/

8. Ivanov A.V., Mikhaylova V.I., Ivakhnyuk G.K., Demekhin F.V. Investigation of the characteristics of modified hydrogels for thermal protection of petroleum products tanks. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 4, pp. 58–67 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2017.26.04.58-67.

УДК 614.842

О. В. Дмитриев, В. И. Попов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОГНЕТУШАЩИЕ ПОРОШКИ

Приведена схема экспериментальной установки для исследования процессов тушения модельных очагов пожаров различных классов. Разработана оригинальная методика проведения испытаний порошковых огнетушащих составов. Представлены количественные показатели эффективности использования контрольных и гидрофобно-модифицированных огнетушащих порошков.

Ключевые слова: огнетушащий порошок, гидрофобно-модифицирующая добавка, экспериментальная установка, тушение модельного очага.

O. V. Dmitriev, V. I. Popov

FIRE-EXTINGUISHING POWDERS

The scheme of the experimental installation for research of processes of suppression model of fires of different classes. Original technique was developed for testing of powder

fire extinguishing compositions. Presents quantitative indicators of efficiency of use of control and hydrophobic-modified fire-extinguishing powders.

Keywords: fire-extinguishing powder, hydrophobic-modifying additive, the experimental setup, the extinguishing of the hearth model.

Огнетушащие порошки применяются в качестве огнетушащих веществ в огнетушителях, автоматических и модульных системах пожаротушения. В последние годы разработаны ряд конструкций забрасываемых огнетушителей, Автомобили порошкового тушения применяются менее чем на 0,01 % пожарах.

Огнетушащие порошки обладают многими преимущественными свойствами перед более распространенными огнетушащими средствами такими как вода, пена и газы.

Порошки обладают:

- высокой огнетушащей способностью;
- быстродействием (прекращение горения происходит за несколько секунд);
- низкой стоимостью огнетушащего порошкового состава (стоимость огнетушащего порошка около 30 руб. за 1 кг);
- экологической безопасностью (отсутствие токсичных компонентов, низкая коррозионная активность, химическая инертность);
- минимальным косвенным ущербом от применения огнетушащего средства при тушении пожара;
- возможностью применения в условиях низких температур, когда использование воды, пены и других средств неэффективно, экономически невыгодно или недопустимо;
- простотой технологического процесса производства порошков;
- большим временем сохранения огнетушащих свойств (более 5 лет) в системах подачи порошков (огнетушители, автоматические установки пожаротушения, модульные системы).

Недостатками огнетушащих порошков являются:

- низкая огнетушащая способность тлеющих материалов;
- не препятствуют повторному воспламенению уже потушенного горючего от нагретых элементов оборудования или строительных конструкций;
- склонность к слеживанию.

В Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России совместно с Восточно-Европейским институтом торфяного дела Тверского государственного технического университета, ЗАО «ПироХимика», ООО «ЭПОТОС», ООО «НПП Гранит-центр», ООО «ДиаТех» и другими организациями ведутся научные исследования в области совершенствования огнетушащей способности, эксплуатационных свойств огнетушащих порошковых составов и разработки средств подачи.

Специалистами академии разработана лабораторная установка для сравнительной оценки огнетушащей способности огнетушащих порошковых составов. На фото рис. 1 общий вид лабораторной установки.

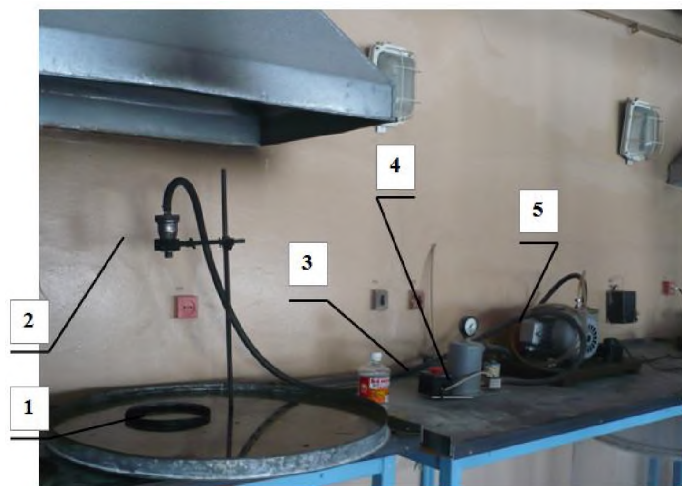


Рис. 1. Установка для исследования огнетушащей способности огнетушащих порошков:
1 – поддон для горючей жидкости; 2 – распылитель;
3 – промежуточная емкость (для сжатого воздуха); 4 – магнитный клапан; 5 – компрессор

В лабораторных условиях проведены многочисленные эксперименты по сравнительной оценке огнетушащей способности огнетушащих порошков с различными добавками, улучшающими огнетушащие свойства. Результаты исследований опубликованы в работах [1, 2, 3]. Данные исследований на лабораторной установке согласуются с данными по огнетушащей интенсивности других исследователей [4, 5].

Для подтверждения лабораторных исследований в академии проведены полигонные и промышленные испытания разработанных порошковых составов. На фото рис. 2 приведены моменты тушения при полигонных испытаниях.



а

б

Рис. 2. Полигонные испытания огнетушащих порошковых составов:
а – тушение ЛВЖ; б – тушение штабеля древесины

На основе лабораторных исследований созданы новые составы огнетушащих порошков с различными видами добавок: микрокапсулы с хладоном; сорбционные вещества.

Разработанный новый вид огнетушащих порошков с добавками микрокапсул с хладонами показал высокую огнетушащую эффективность (более чем на 50 % эффективнее по сравнению с выпускаемым промышленностью порошком), тушит тлеющие материалы.

Специалисты Восточно-Европейского института торфяного дела Тверского государственного технического университета разработали для огнетушащих порошков гидрофобно-модифицирующие вещества (ГМД) на основе торфяного сырья. В академии проведены исследования огнетушащей способности порошков с добавками ГМД различных концентраций. Исследования показали, что при концентрации до 3 % огнетушащая способность незначительно повышается. Указанные вещества при содержании в 1,5 % в огнетушащем порошке обеспечивает нормативные значения водоотталкивающих свойств [6, 7, 8]. Разработанные вещества ГМД во много раз дешевле (в 6...10 раз) применяемых веществ: аэросил, белая сажа, нефелин и др.

На основе исследований разработан огнетушащий порошок двойного применения: для тушения горения и для локализации разливов ЛВЖ, который может применяться для АЗС и транспортных средств.

В академии проведены полигонные испытания по возможности применения установки порошкового тушения «Мобильный комплекс порошкового пожаротушения «Гранит» с порошковыми составами ИСТО при тушении пожаров на открытых площадях, в жилых и административных зданиях. На фото рис. 3 приведен момент проведения испытания установки на полигоне.



Рис. 3. Полигонные испытания установки «Мобильный комплекс порошкового пожаротушения «Гранит»»

На основе проводимых исследований в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России в области порошкового пожаротушения разработаны:

- принципиально новый порошковый состав с микрокапсулами (подана заявка на патент);
- новые составы огнетушащих порошков двойного назначения
- состав огнетушащего порошка с гидрофобизирующей добавкой на основе торфяного сырья (получен патент на изобретение № 2605056 «Огнетушащий порошок многоцелевого назначения»);

- опробована технология получения огнетушащего порошка с гидрофобизирующей добавкой на основе торфяного сырья на промышленном оборудовании;
- выпущена опытная партия огнетушащего порошка с гидрофобизирующей добавкой на основе торфяного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дмитриев О.В., Попов В.И.* Лабораторные исследования огнетушащей способности порошковых составов. Сборник материалов межвузовского научно-практического семинара «Молодая наука–пожарной безопасности XXI века». Иваново, 11 июня 2010 г. – Иваново: ООНИ ЭКО ИВИ ГПС МЧС России, 2010. Стр. 18-24.
2. *Дмитриев О.В., Попов В.И.* Лабораторные методы исследования огнетушащей способности порошковых составов. Сборник материалов V Международной научно-практической конференции «Пожарная и аварийная безопасность». Иваново, 24 ноября 2010г. Ч.1 / Под общей редакцией И.А. Малого. – Иваново: ООНИ ЭКО ИВИ ГПС МЧС России, 2010. Стр. 154-164.
3. *Попов В.И., Дмитриев О.В., Тимофеева С.В.* Установка для лабораторных исследований огнетушащих порошков. Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Пожарная безопасность: проблемы и перспективы», Воронеж, 20 сентября 2012г.: в 2ч. / под общ. ред. Ю.Н. Зенина. – Воронеж: ВИ ГПС МЧС России, 2012. – Ч.1. Стр. 177-179.
4. *Баратов А.Н., Молчадский И.С.* Горение на пожаре. М.: ВНИИПО, 2011. - 503 с.
5. *Бухтояров Д.В.* Лабораторные испытания и методика определения огнетушащей концентрации порошковых составов при их подаче сверху / Д. В. Бухтояров // Пожарная безопасность. – 2010. – №3. – С. 130-133
6. *Дмитриев О.В., Мисников О.С., Попов В.И., Левичев С.В.* Модифицирование огнетушащего порошка гидрофобной добавкой на основе торфяного сырья. Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Пожарная и аварийная безопасность», Иваново, 26-27 ноября 2013г. / под общ. ред. канд. техн. наук, доц. И.А. Малого. – Иваново: ИВИ ГПС МЧС России, 2013. Стр. 25-27.
7. *Дмитриев О.В., Попов В.И., Ваганов А.О.* Полигонные и промышленные испытания огнетушащих порошковых составов. Сборник материалов межвузовского научно-практического семинара «Молодая наука–пожарной безопасности XXI века». Иваново, 11 июня 2010 г. – Иваново: ООНИ ЭКО ИВИ ГПС МЧС России, 2010. Стр. 24-29.
8. *Дмитриев О.В., Мисников О.С., Попов В.И.* Исследование свойств огнетушащих порошковых составов, модифицированных гидрофобными добавками на основе торфяного сырья. // «Пожаровзрывобезопасность». 2013. Т.22. №5. С. 81-86.

УДК 62-408.7

К. В. Жиганов, А. Р. Дашевский, П. В. Данилов, А. В. Пронин, Е. С. Титова
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ВИДЫ АНТИКОРРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ. АНТИКОРРОЗИЙНАЯ ЗАЩИТА, ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ, ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ, МЕТОДИКИ ЗАЩИТЫ

Металл является одним из самых востребованных материалов, применяемых в строительстве и промышленности. Несмотря на то что в некоторых областях его успешно заменяет легковесный и более практичный стеклокомпозит, актуальность традиционных конструкций сохраняется на довольно высоком уровне. Способствуют этому и применение дополнительных мер обработки материала, исключающих негативные факторы эксплуатации. Среди таких выделяется антикоррозионная защита металлоконструкций, благодаря которой технологи исключают поражение ржавчиной. В итоге увеличивается срок службы конструкций, на протяжении которого сохраняются оптимальные технико-физические характеристики изделия.

Ключевые слова: коррозия, металл, антикоррозионная защита, обработка материалов.

K. V. Jiganov, A. R. Dashevskiy, P. V. Danilov, A. V. Pronin, E. S. Titova

ANTI-CORROSION TREATMENTS. CORROSION PROTECTION, HANDLING OF MATERIALS, PROTECTION OF METALS, METHODS OF PROTECTION

Metal is one of the most popular materials used in construction and industry. Despite the fact that in some areas, it successfully replaces a lightweight and more practical fiberglass, the relevance of conventional design maintained at a high level. Contribute to this the use of additional measures of material processing, eliminating negative factors of operation. Among these stands out corrosion protection of steel structures, by which engineers eliminate the effect of the rust. The result is increased service life of structures, within which are stored the optimal technical-physical characteristics of the product.

Keywords: corrosion, metal, corrosion protection, material handling.

Антикоррозионная защита требуется любым инструментальным и конструкционным изделиям применяемых в пожарной технике и средствах малой механизации, изготовленных из металла, так как в той или иной мере все они испытывают на себе негативное коррозионное влияние окружающей среды.

Под коррозией понимают разрушение поверхностных слоев конструкций из стали, её сплавов и чугуна в результате электрохимического и химического воздействия. На первых этапах воздействия коррозии металлические изделия и конструкции снижают свою герметичность, прочность, электро- и теплопро-

водность, пластичность, отражательный потенциал и ряд других важных характеристик. Коррозия портит металл, разъедает его, делая тем самым непригодным для последующей эксплуатации.

Полностью избежать коррозии, когда речь идет о стальных сплавах и металлах, невозможно. А вот задержать и снизить негативные последствия ржавления вполне реально. Для этих целей существует множество антикоррозионных средств и технологий.

Борьба с коррозией при помощи органических неметаллических покрытий для защиты металлов и их сплавов от ржавления, известным уже очень давно способом, использования лакокрасочных составов имеет положительные свойства защиты изделий, но к сожалению лакокрасочные составы имеют совсем небольшой коэффициент термической стойкости, малую стойкость в воде и относительно низкую механическую прочность.

Все современные методы борьбы с коррозией можно разделить на несколько групп:

- применение электрохимических способов защиты изделий;
- использование защитных покрытий;
- проектирование и выпуск инновационных, высокоустойчивых к процессам ржавления конструкционных материалов;
- введение в коррозионную среду соединений, способных уменьшить коррозионную активность.

На наш взгляд для деталей и конструкционных изделий пожарной техники и средств малой механизации наиболее перспективным способом защиты металла и его сплавов будет являться нанесение специальных покрытий.

Чтобы защитное покрытие справлялось с задачами, которые возлагаются на него, оно должно обладать целым рядом особых качеств:

- быть износостойким и максимально твердым;
- характеризоваться высоким показателем прочности сцепления с поверхностью обрабатываемого изделия (то есть обладать повышенной адгезией);
- иметь такую величину теплового расширения, которая бы незначительно отличалась от расширения защищаемой конструкции;
- быть максимально недоступным для вредных факторов окружающей среды.

Антикоррозионная обработка неметаллическими неорганическими покрытиями на металлических деталях и изделиях выполняется посредством электрохимической либо химической обработкой специальными пленками для защиты металла от ржавления. Чаще всего создаются фосфатные и оксидные пленки.

Фосфатный слой сам по себе не отличается длительным сроком применения. Он малоэластичный и совсем непрочный. Метод фосфатирования используется для защиты деталей и изделий, которые работают под воздействием высоких температур, или в соленой воде (например, в морской).

Фосфатные пленки подходят для антикоррозионной защиты цветных и черных металлов. Суть такого процесса заключается в погружении изделий в нагретый до определенной температуры (97 °С) раствор цинка, железа или марганца с кислыми фосфорными солями. Получающаяся при этом пленка идеальна для нанесения на нее лакокрасочного состава.

В настоящее время используются и оксидные защитные пленки. Получают их при обработке металлов в растворах щелочей под действием тока. Необходимым раствором для оксидирования является едкий натр. Технологию получения оксидного слоя называют воронением, так как на поверхности мало- и высокоуглеродистых сталей пленка характеризуется красивым черным цветом.

При использовании электрохимического способа защиты металлических конструкций от коррозии, изделия из металла подвергаются поляризации, скорость ржавления под действием электрохимических факторов, существенно уменьшается. Электрохимическая антикоррозионная защита бывает двух видов, анодной и катодной. Анодная технология подходит для материалов из:

- сплавов (высоколегированных) на базе железа;
- нержавеющей сталей с малым уровнем легирования;
- углеродистых сталей.

Суть методики анодной защиты состоит в подключении металлического изделия, которому требуется придать антикоррозионные свойства, к катодному протектору либо к «плюсу» источника (внешнего) тока. Данная технология обеспечивает уменьшение скорости ржавления в несколько тысяч раз. В качестве катодного протектора выступают элементы и соединения с высоким положительным потенциалом (свинец, платина, диоксид свинца, платинированная латунь, тантал, магнетит, углерод и другие).

Анодирование для сплавов алюминия, как метод очень надежен и при этом по-настоящему прост. Анодирование производится в ваннах, состоящих из: 5–10 % щавелевой кислоты, 3 % хромового ангидрида и серной кислоты (на один литр раствора ее идет около 190 граммов).

Более распространенной считается катодная защита металлов, не имеющих склонности к пассивации. Данный метод предполагает подсоединение конструкции к электродному отрицательному потенциалу или к «минусу» источника тока. Катодная защита используется для следующих видов оборудования:

- емкости и аппараты (их внутренние части), эксплуатируемые на химических предприятиях;
- буровые установки, кабели, трубопроводы и иные подземные сооружения;
- элементы береговых конструкций, которые соприкасаются с соленой водой;

- механизмы, изготовленные из высоколегированных сталей, высокохромистых и медных сплавов. Анодом в данном случае выступает уголь, чугун, металлолом, графит, сталь.

В борьбе с коррозией как одним из способов обработки коррозионной среды можно с успехом справляться посредством модификации состава агрессивной атмосферы, в которой работают металлические детали и конструкции. Существует два варианта снижения агрессивности среды:

- введение в нее ингибиторов (замедлителей) коррозии;
- удаление из среды тех соединений, которые являются причиной возникновения коррозии.

Ингибиторы используются в системах охлаждения, цистернах, ваннах для выполнения травильных операций, различных резервуарах, в которых коррозионная среда имеет примерно постоянный объем. Замедлители подразделяют на:

- органические, неорганические, летучие (многоосновные спирты, тиолы, амины, аминоспирты, аминокислоты с поликарбокисильными свойствами, летучие составы «ИФХАН-8А», «ВНХ-Л-20», «НДА»);
- анодные, катодные, смешанные;
- работающие в щелочной, кислой, нейтральной среде.

Так же уменьшить агрессивность коррозионной атмосферы можно следующими методами:

- вакуумированием;
- нейтрализацией кислот при помощи едкого натра либо извести (гашеной);
- деаэрацией с целью удаления из кислорода.

Метод эмалирования заключается в защите металла от коррозии при помощи композиции, состоящей из сплавленного полевого шпата, цинка, мела, песка, титана, глины, фтористых солей, оксидов хрома, поташа, буры и некоторых других компонентов. Подобное покрытие демонстрирует отличную стойкость к коррозии, вызываемой газовыми средами, солями, органическими и минеральными кислотными составами.

Существует ряд других способов и методов защиты от коррозии:

Гальваническая обработка материала является по сути, методом цинкования, которая также предполагает предварительную подготовку металлической поверхности. Гальваническое покрытие гораздо эффективнее проявляет себя в эксплуатации, чем лакокрасочные средства.

Холодное цинкование считается вторым по популярности эффективным методом защиты поверхностей от коррозии. В процессе реализации этой технологии изделие погружается в расплав, который в дальнейшем и становится тем самым барьером перед угрозой ржавчины.

Термическая защита является одним из методов, ориентированных на изменение структуры материала с целью уплотнения молекул. Термическая антикоррозионная защита трубопроводов, к примеру, позволяет не только уберечь металл от ржавчины, но также снять напряжение конструкции, если она располагается под землей.

Метод алитирования является способом металлизации конструкций, повышающий сопротивляемость поверхности материала к процессам коррозии.

В качестве активного вещества используют порошкообразные смеси на основе ферроалюминия, в данном случае формируется алюминиевое напыление. На поверхность изделия наносится покрытие металлизированного порошка, после чего выполняется изоляционная обмазка. Далее изделие готовится к диффузионному отжигу и обрабатывается специальной краской на той же основе алюминия. Продолжаются антикоррозионные работы по защите металлоконструкций погружением конструкции в алюминиевый расплав с выдержкой, параметры которой варьируются в зависимости от требований к конечному результату. Как показывает практика, алитирование наделяет металлические поверхности наиболее высокими характеристиками износостойкости.

Метод фаолитирования представляет собой нечто среднее между основательной обработкой металлизированными смесями и поверхностным нанесением лакокрасочного слоя. Защитный барьер в этом случае формируется посредством смеси на основе кислотоупорной терморезистивной пластмассы. В итоге получается антикоррозионное и теплозащитное покрытие, которое также противодействует воздействию химически агрессивных солей.

К достоинствам, которыми обладает данная антикоррозионная защита металлоконструкций, относят возможность применения в условиях высоких температур.

На сегодняшний день существует немало способов защиты металлических конструкций и изделий от ржавления. Важно лишь грамотно подобрать оптимальный для каждого конкретного случая вариант, и тогда детали и изделия из стали и чугуна будут служить очень долго.

Относительно небольшие затраты на дополнительную защиту деталей пожарной техники и средств малой механизации от коррозии позволят повысить их надежность и ремонтпригодность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В.* Перспективы применения магнитожидкостных устройств в пожарной и аварийно-спасательной технике. / Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2010. – № 2. – С. 63-64.
2. *Мельников В.Г., Гунина В.В., Киселев В.В.* Повышение долговечности узлов трения строительной техники / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2003. – № 7. – С. 28.

3. Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В. Повышение надёжности пожарной техники применением модернизированных смазочных материалов / Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2010. – № 3. – С. 24 – 28.

4. СП 28.13330.2012. Свод правил. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85»(утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 N 625).

5. СНиП РК 2.01-19-2004 защита строительных конструкций от коррозии.

УДК 621.36:678.5:614.84

В. И. Жукалов

Гомельский филиал Университета гражданской защиты МЧС Беларуси

ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ДЛЯ АНАЛОГОВОГО ТЕПЛОВОГО ПОЖАРНОГО ИЗВЕЩАТЕЛЯ

Данная статья посвящена исследованию возможности применения в термочувствительном элементе аналогового теплового пожарного извещателя активных полимерных материалов (термоактивированных электретов).

Ключевые слова: пожарный извещатель, термочувствительный элемент, активный полимерный материал, электрет, термостимулированные токи.

V. I. Zhukalov

TEMPERATURE SENSITIVE SENSOR FOR ANALOG HEAT FIRE DETECTOR

This article focuses on the study of possible use in the thermosensitive element of the thermal analog fire detector of the active polymeric materials (thermoactivating of electrets).

Keywords: active polymer materials, thermally stimulated currents, analog heat detectors.

Современное развитие техники характеризуется ростом автоматизации производства, внедрением новых технологических процессов, протекающих при высоких температурах, давлениях и скоростях переработки сырья, что ведёт к повышению пожарной опасности. В связи с этим применение технических средств пожарной автоматики является одним из условий обеспечения пожарной безопасности объектов.

Ключевым элементом любой системы пожарной сигнализации является пожарный извещатель, от эффективности работы которого зависит время обнаружения пожара и, в конечном итоге, сохранение жизни людей и минимизация материальных потерь от пожара.

Современные адресно-аналоговые тепловые пожарные извещатели (ПИ) применяются в системах адресной пожарной сигнализации и предназначены для охраны объектов от пожаров путём контроля скорости нарастания температуры и превышения порогового значения и выдачи извещений о пожаре в ответ на адресный запрос от пульта управления через модуль контроля адресных извещателей.

Извещатель предназначен для непрерывной круглосуточной работы. Извещатель относится к точечным, восстанавливаемым (многократного действия) активным (токопотребляющим) тепловым адресным извещателям.

Основным элементом аналогового теплового ПИ является термочувствительный элемент, от надёжности и достоверности функционирования которого в целом зависит работа системы пожарной сигнализации.

Существует ряд принципов действия, на основе которых функционируют ПИ. В данной работе мы остановимся на ПИ, принцип действия которых основан на возбуждении в материале термочувствительного элемента термостимулированного тока, т.е. преобразования энергии теплового движения в электрическую энергию движущихся зарядов вследствие повышения температуры окружающей среды. Это тепловые извещатели с использованием принципа термо-ЭДС [1].

В данной работе рассмотрим возможность использовать активный полимерный материал в качестве термочувствительного элемента аналогового теплового ПИ, функционирующего на выше названном принципе. К материалам такого рода можно отнести полимерный материал модифицированный определенными добавками и помещенный между разнородными металлами.

Электреты – это диэлектрики, способные длительное время находиться в наэлектризованном состоянии после снятия внешнего воздействия, вызвавшего электризацию (электрический аналог постоянного магнита). Одним из свойств электрета является появление разрядного термостимулированного тока (ТСТ) в возбуждённом электрете при повышении температуры [2, 3].

В качестве полимерного материала для получения плёнок для термочувствительного элемента был выбран поливинилбутираль (ПВБ) ГОСТ 9439-85, марки ПШ-1. В качестве пластификатора ПВБ был взят дибутилфталат (ДФФ) ГОСТ 8728-88.

Допирование осуществляли введением в ПВБ смеси пластификатора с 10% раствором йода реактивного ГОСТ 4159 79 марки Ч в этиловом спирте марки А, ГОСТ 17299-78. Допанты, являются модифицирующими добавками, повышающими удельную электрическую проводимость полимеров на несколько порядков благодаря наличию в структуре полимерных материалов сопряженных двойных связей. После допирования полимер переходит в новое энергетическое состояние с проводимостью, близкой к проводимости металлов [4, 5].

Из полученной смеси методом горячего прессования получали образцы в виде плёнок толщиной 100 мкм, на поверхности противоположных сторон которых методом напыления в вакууме наносили слой меди и алюминия. В качестве контрольных образцов были взяты плёнки, изготовленные из ПВБ не содержащего смесь ДБФ и раствора йода в этиловом спирте.

Значения ТСТ у полученных образцов определяли путём их нагрева в термостате до температуры 200⁰С между электродами, подключёнными к милливольтметру [2]. Составы полученных плёнок и результаты испытаний приведены на рис. 1.

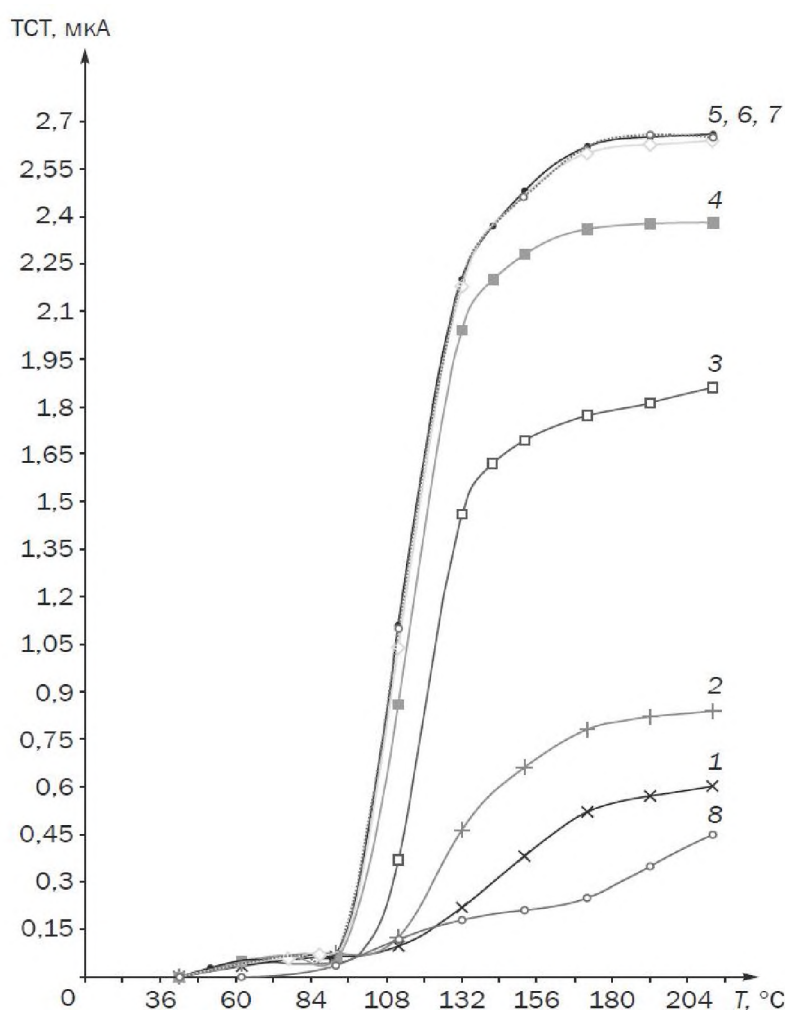


Рис. 1. Зависимость ТСТ испытываемых образцов от температуры и содержания ДБФ + раствор йода в спирте %: 1 – 0,5%; 2 – 5%; 3 – 10%; 4 – 10%; 5 – 15%; 6 – 17%; 7 – 20%; 8 – контрольный образец

Из рис. 1 видно, что при введении в полимерную плёнку из ПВБ смеси ДБФ + раствор йода в спирте в количестве 10% и выше наблюдается резкое увеличение значения ТСТ, которое затем стабилизируется. Введение меньшего

количества смеси не вызывает значительного роста ТСТ. С целью выявления способности термочувствительного элемента генерировать ТСТ при повторном нагреве после охлаждения, образцы полимерных плёнок подвергали нагреву с последующим охлаждением. Процесс термостимулирования прерывали при температуре 80⁰С. По мере падения температуры значение ТСТ снижалось, а при температуре 40⁰С ТСТ не фиксировался (рис. 2).

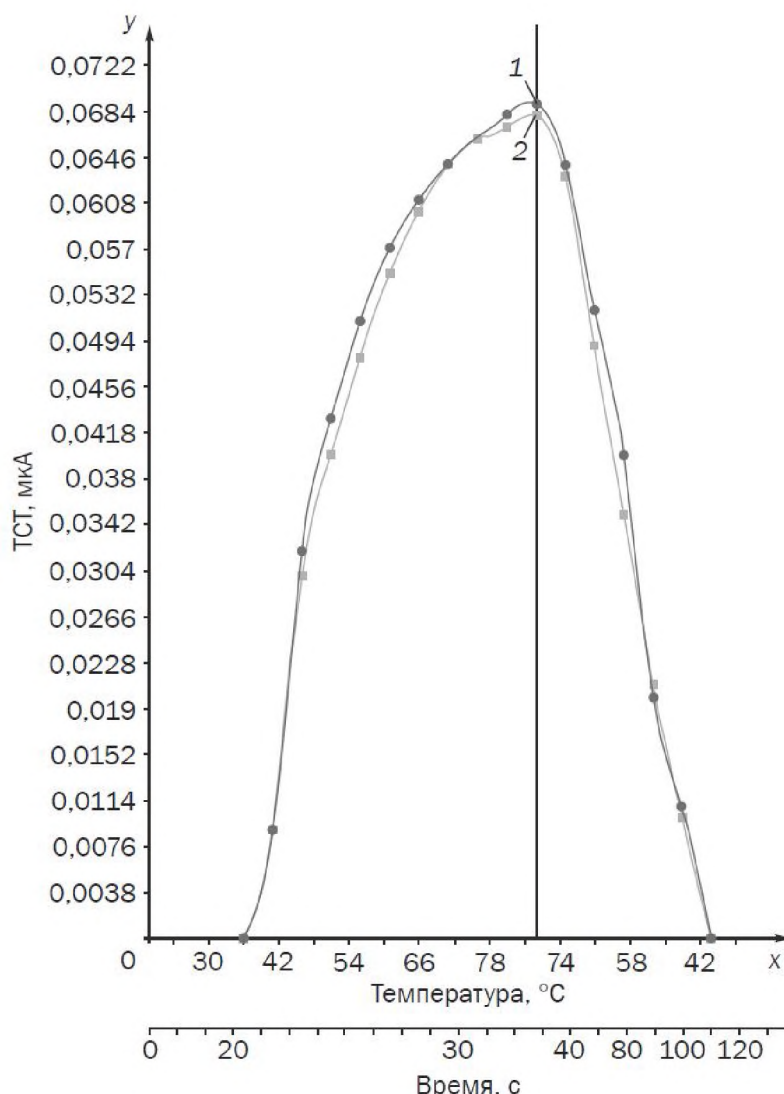


Рис. 2. Зависимость значений ТСТ испытуемых образцов термочувствительного элемента, содержащих добавки (ДФФ+раствор йода в спирте) от температуры во времени при нагреве с последующим охлаждением: 1 – 15%, 2 – 17 мас.%

При повторном нагреве ТСТ снова появлялся.

Характер протекания тока ТСТ в полимерной плёнке свидетельствует о возможном применении допированных плёнок в качестве термочувствительного элемента аналогового теплового пожарного извещателя.

Схема работы пожарного извещателя с термочувствительным элементом из допированного полимерного материала может заключаться в следующем.

При повышении температуры в защищаемом помещении конвективное тепло воспринимается термочувствительным элементом, что приводит к появлению термо-ЭДС и обусловленным ею электрическим сигналом в виде ТСТ. Если температура в помещении продолжает расти, растёт термо-ЭДС, и сигнал продолжает поступать на пульт пожарной сигнализации. В случае прекращения повышения и последующем снижении температуры в помещении температура термочувствительного элемента падает до исчезновения ТСТ, т.е. значение величины силы тока в цепи зависит от значения фактора пожара - температуры. При повторном нагреве термочувствительного элемента аналогового извещателя термо-ЭДС должна появляться снова, т.е. термочувствительный элемент обладает свойством самовосстановления своих функций.

Таким образом, проведённые исследования показали:

1. Характер протекания ТСТ в образцах из активных полимерных материалов открывает возможность использовать их в качестве материалов термочувствительного элемента для аналогового теплового пожарного извещателя, так как значение величины силы тока в цепи зависит от значения фактора пожара, то есть температуры;

2. Разработанный на их основе термочувствительный элемент предоставляет возможность не только определять критические значения температуры в защищаемом помещении, но и контролировать процесс изменения температуры в технологических установках, выдавая сигнал персоналу о появлении угрожающего состояния технологического процесса;

3. По возможности восстановления работоспособности термочувствительный элемент будет самовосстанавливаемым – при переходе температуры в защищаемом помещении в нормальный режим процесс генерации ТСТ прекращается, а при последующем нагреве ТСТ появляется вновь;

4. Пожарный извещатель, у которого термочувствительный элемент будет выполнен по аналогии с исследуемыми образцами, для своего функционирования не нуждается во внешнем источнике электрического тока, т.к. полимерный материал при повышении температуры сам генерирует ток.

5. Пожарный извещатель, у которого термочувствительный элемент будет выполнен из активного полимерного материала из-за отсутствия размыкающихся контактов будет искробезопасным устройством и может применяться в аналоговых тепловых пожарных извещателях, устанавливаемых во взрывоопасных помещениях классов В-I, В-Ia, В-Iб, В-II, В-IIa согласно классификации ПУЭ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вертячих И.М., Волков Ю.А., Жукалов В.И.* О возможности применения термочувствительного элемента на основе активных полимерных материалов в аналоговом тепловом пожарном извещателе // *Пожары и ЧС.* – 2015. – №1. С. 35–40.

2. Гольдаде В.А., Пинчук Л.С. Электретные пластмассы: Физика и материаловедение / Под ред. В.А. Белого. – Мн.: Наука и техника, 1987. – 232 с.

3. Электреты / Под ред. Г. Сесслера; пер. с англ. А.Ю.Гросберга, Ю.К.Джикаева. – М.: Мир, 1983. – 486 с.

4. Имамутдинов И. Мистер Алешин, который решает все проблемы // Эксперт. – 2007. - № 17. – С. 53-56.

5. Лачинов А.Н., Золотухин М.Г. Нетрадиционный механизм допирования в полиариленфторидах // Письма в ЖТЭФ. – Т. 53. – Вып. 6. – С. 297 – 391.

6. Волков Ю.А., Ветрячих И.М., Жукалов В.И. Адресно-аналоговые системы пожарной сигнализации и их преимущества перед традиционными пороговыми и адресными дискретными системами // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2012. – № 2. – С. 142–148.

УДК 621.89.099.6, 532.135

М. А. Колбашов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МЕЗОГЕННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ В СОСТАВЕ СОТС КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ БЫСТРОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ РЕЗАНИИ

Изучено влияние присадок некоторых жидкокристаллических соединений холестерила на свойства стандартных режущих масел при обработке металлов. Установлено их положительное действие на технологические показатели процесса резания. Обсуждены проблемы практического использования.

Ключевые слова: резание металлов, смазочно-охлаждающие технологические средства, жидкокристаллические соединения.

М. А. Kolbashov

INCREASING THE STABILITY OF A QUICK-EXTRACTING TOOLS WHILE CUTTING AT THE SCOPE OF THE APPLICATION OF COTS WITH ITS SUBSTITUTES OF ME-ZOGENIC COMPOUNDS

A influence of the additive some cholesterical liquid crystals on properties standard cutting oils for metalworking was studied. The positive action into the technological characteristics of the cutting process was observed. The problems of their practical use are discussed.

Keywords: cutting oils, metalworking, cholesterical liquid crystals.

Введение. Известно, что присадки жидких кристаллов к смазочным маслам улучшают их противозадирные и противоизносные свойства масел при

трении [1 — 4]. В предыдущей статье [5] нами была показана высокая эффективность некоторых присадок жидкокристаллических соединений холестерина (ЖКСХ) в экспериментах по трению. В частности, было выявлено, что наилучшей способностью улучшать условия трения обладают холестерилловые эфиры, содержащие в своем составе атом хлора. По нашему предположению трибологическая активность данных присадок может быть связана со способностью в процессе трения распадаться на части с образованием свободных радикалов хлора и молекулярного остатка, которые химически реагируют с металлической поверхностью, образуя прочную защитную пленку. Известно, что смазочное действие смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) при обработке металлов тоже во многом определяется их способностью разлагаться по радикальным механизмам, образуя на поверхностях прочные хемосорбированные защитные смазочные пленки [6]. Применяя в качестве присадок к СОТС ЖКСХ можно ожидать синергетического эффекта от применения присадок не только химически активных, но и способных структурно упорядочиваться в зоне контакта (рис. 1). Целью наших исследований было проверить эффективность хлорсодержащих присадок ЖКСХ при лезвийной обработке металлов.

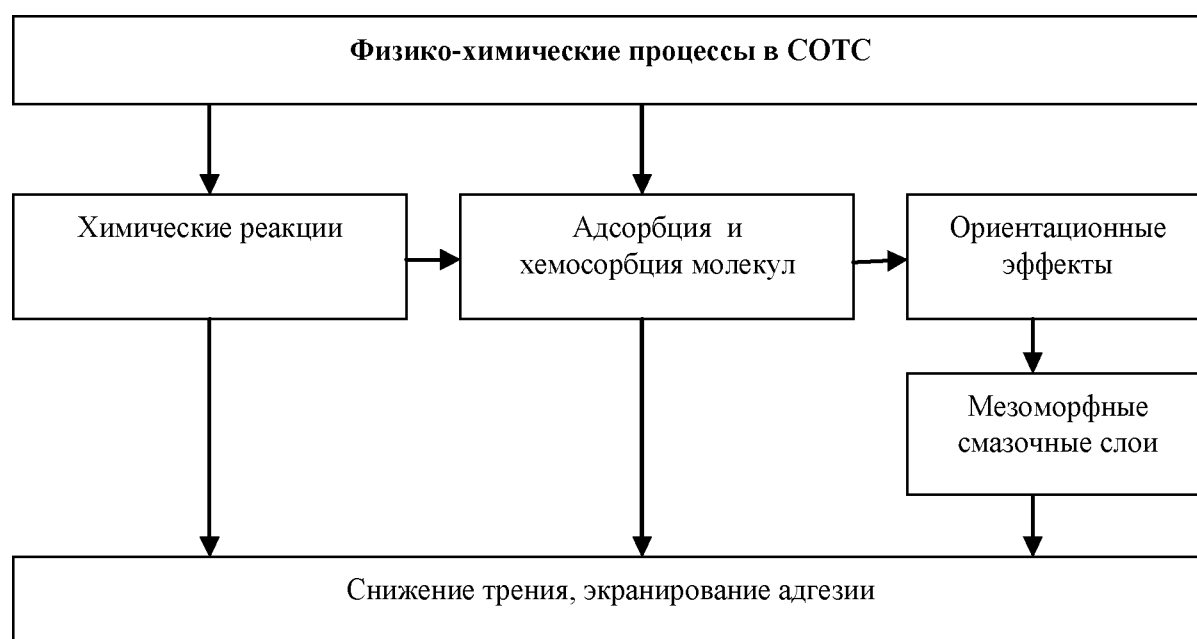


Рис. 1. Схема образования мезоморфного смазочного слоя на поверхностях трения

Эксперимент. На основе анализа предыдущих результатов были выбраны две присадки X-16 и X-25. Физико-химические свойства данных присадок приведены в табл. 1 [7]. Холестерилловый эфир олеиновой кислоты (X-16), как про-

изводная олеиновой кислоты, обладает сильными поверхностно активными свойствами и ее эффективность в качестве присадки к СОТС подтверждена работой В.А. Короткова [8]. Холестерилловый эфир п-хлорбензойной кислоты (Х-25), как эффективная присадка, показал себя в наших экспериментах на трение и износ [5]. Она содержит активный атом хлора, а также обладает повышенной температурой перехода в мезофазу и в изотропную жидкость по сравнению с другими кристаллами, что дает ей возможность сохранять свои свойства при повышенных температурах в условиях резания.

Таблица 1. Физико-химические свойства исследуемых присадок [7]

Промышленное наименование	Название соединения	Химическая формула	Температура плавления, °С	Температура превращений в мезоморфной фазе, °С	Температура превращения в изотропную жидкость, °С	Молекулярная масса
Х-16	Холестерилловый эфир олеиновой кислоты	$C_{45}H_{78}O_2$	–	37,0 S→Ch	–	650
Х-25	Холестерилловый эфир п-н-хлорбензойной кислоты	$C_{34}H_{49}ClO_2$	165,0	–	199,5 Ch→I	524

Для исследования были выбраны три вида базовых масел. Индустриальное масло И-20А выбрано потому, что оно является основой производства режущих масел. В ее составе изначально отсутствуют иные присадки, поэтому триботехнические эффекты, связанные с введением изучаемых ЖКСХ, не искажаются под влиянием других активных присадок. Были также взяты два вида реальных режущих масел ГСВ и СП-4 с целью изучения возможности модификации их свойств за счет введения исследуемых присадок.

Исследуемые присадки растворялись в нагретом на водяной бане базовом масле при температуре 95...100 °С, а затем охлаждались до комнатной температуры. Установлено, что присадка Х-16 полностью растворима в исходных маслах. Присадка Х-25 лишь частично растворима (табл. 2). В связи с ограниченной растворимостью для обеспечения сопоставимости результатов в дальнейшем мы использовали растворы присадок в базовом масле одинаковой молярной концентрации — $2,5 \cdot 10^{-2}$ моль/кг.

Исследование эффективности масел с присадками присадок при резании проводилось на триботрическом стенде на базе токарно-винторезного станка ТВ6 при сверлении. Режим резания: диаметр сверла Р6М5 5.3 мм, частота вра-

щения — 120 об/мин (1.8 м/мин) и 710 об/мин (11.8 м/мин), подача — 0,08 мм/об. Образец обрабатываемого материала — полоса стали 12Х18Н10Т сечением 10×10 мм — закреплялся в тензометрической головке станка. Показания сигнала крутящего момента с тензометрической головки передавались через АЦП на персональный компьютер.

Таблица 2. Растворимость присадок X16 и X25 в базовых маслах

Базовое масло	Предельная концентрация присадки при 20 °С, масс. %	
	X-16	X-25
И-20А	Р	1,6
СП-4	Р	2,25
ГСВ-1	Р	1,75

Примечание: максимальная концентрация вводимых присадок ограничивалась 3 масс. %, Р — присадка растворима при максимальной концентрации

В качестве интегральной характеристики смазочной способности СОТС использовали работу резания. За критерий стойкости инструмента бралось время работы инструмента, за которое работа резания увеличивалась в 2 раза. Подача СОТС осуществлялась капельным методом с расходом 1 мл/мин. Шероховатость R_a измеряли на профилографе-профилометре «Абрис ПМ-7» с радиусом закругления иглы 5 мкм на базовая длине интегрирования – 0.8 мм.

В другой серии опытов были проведены модельные эксперименты по определению усадки стружки, изучению корней стружки и исследование деформированных слоев после обработки проводились на токарно-винторезном станке модели 16К20.

В качестве обрабатываемого материала использовалась сталь 45, в качестве режущего инструмента применялись упорно — проходные резцы из быстрорежущей стали Р6М5 (HRC 51-52). Выбор материала обусловлен высокой чувствительностью к негативным воздействиям среды. Геометрия резцов была выбрана согласно справочной литературе. При точении углеродистых сталей: $\varphi = 90^\circ$, $\varphi_1 = 15^\circ$, $\gamma = 20^\circ$, $\alpha = \alpha_1 = 6^\circ$. Режим резания: $v = 30$ м/мин (0,5 м/с), $S = 0,1$ мм/об, $t = 0,5$ мм. Подача СОТС осуществлялась капельным методом с расходом 1 мл/мин.

Методика изучения усадки стружки состояла в следующем. На заготовке диаметром 74,8 мм с противоположенных сторон прорезались два продольных паза шириной 5 мм и глубиной 6 мм Таким образом, величина дуги окружности

между пазами составила 112,49 мм. Коэффициент усадки стружки вычислялся по формуле:

$$K = l_0 / l_{стр}, \quad (1)$$

где l_0 – длина среза (112,49 мм), $l_{стр}$ – длина стружки.

Корни стружки получались методом откидного резца, который отбрасывался в момент резания со скоростью, превышающей скорость резания. Структура корней изучалась методами металлографического анализа на металлографическом микроскопе МИМ-7.

Обсуждение результатов. Результаты экспериментов по влиянию присадок ЖКСХ на процесс сверления приведены в табл. 3. Обнаружено положительное влияние присадок ЖКСХ на процесс сверления материалов — снижение силовых параметров, уменьшение шероховатости поверхности, повышение стойкости инструмента.

Таблица 3. Характеристики процесса сверления 12Х18Н10Т с использованием ЖКСХ

СОТС	Скорость резания 1.8м/мин (0.03 м/с)			Скорость резания 11.8м/мин (0,2 м/с)		
	Работа резания $A_0, мН·м$	$Ra_0, мкм$	Стойкость $T_0, мин$	Работа резания $A_0, мН·м$	$Ra_0, мкм$	Стойкость $T_0, мин$
И-20А	96,4	2,4	42	74,3	1,6	34
	A/A_0	Ra/Ra_0	T/T_0	A/A_0	Ra/Ra_0	T/T_0
И-20А	1	1	1	1	1	1
СП-4	0,85	0,79	1,42	0,96	0,83	1,25
СП-4 + Х-16	0,81	0,70	1,75	0,93	0,8	1,28
СП-4 + Х-25	0,74	0,64	1,85	0,89	0,76	1,31
ГСВ-1	0,82	0,74	1,51	0,94	0,82	1,36
ГСВ-1 + Х-16	0,79	0,68	1,82	0,91	0,76	1,41
ГСВ-1 + Х-25	0,70	0,61	1,90	0,86	0,74	1,45

Исследование влияния на работу резания показали, что при скорости 1.8 м/мин (0.03 м/с) работа резания снижается для чистого масла СП-4 на 15 % по сравнению с И-20А. Добавление присадки Х-16 снижает работу резания на 19 %. Добавление же присадки Х-25 снижает работу резания на 26 %.

Среднеарифметическое отклонение профиля R_a снижается для чистого СП-4 на 21%, при добавлении присадки Х-16 на 30 %, присадки Х-25 на 36 %. Стойкость инструмента повышается на 42 % для СП-4, на 75 % для СП-4+Х-16 и на 85 % для СП-4+Х-25.

При увеличении скорости резания до 11.8 м/мин (0.2 м/с) эффективность присадок становится ниже. Работа резания снижается при использовании СП-4 на 4%, при добавлении Х-16 на 7%, при добавлении присадки Х-25 на 11%. Шероховатость поверхности R_a снижается на 17 % для СП-4, на 20% для СП-4 + Х-16, на 24 % для СП-4 + Х-25. Стойкость инструмента также увеличивается, но не на большую величину: при использовании СП-4 на 25 %, СП-4+Х-16 на 28 %, СП-4+Х-25 на 31%.

При использовании в качестве базового СОТС ГСВ-1 эффективность оказывается выше по сравнению с СП-4. Исследование влияния на работу резания показали, что при скорости 1.8 м/мин (0.03 м/с) работа резания снижается для чистого масла ГСВ-1 на 18 % по сравнению с И-20А. Добавление присадки Х-16 снижает работу резания на 21 %. Добавление же присадки Х-25 снижает работу резания на 30 %.

Среднеарифметическое отклонение профиля R_a снижается для чистого ГСВ-1 на 26%, при добавлении присадки Х-16 на 32 %, присадки Х-25 на 39 %. Стойкость инструмента повышается на 51 % для СП-4, на 82 % для СП-4+Х-16 и на 90 % для СП-4+Х-25.

При увеличении скорости резания до 11.8 м/мин ($0,2 \text{ м/с}$) эффективность присадок становится ниже. Работа резания снижается при использовании ГСВ-1 по отношению к маслу И-20А на 6%, при добавлении Х-16 на 9 %, при добавлении присадки Х-25 на 14%. Шероховатость поверхности R_a снижается на 18 % для ГСВ-1, на 24 % для ГСВ-1 + Х-16, на 26 % для ГСВ-1 + Х-25. Стойкость инструмента также увеличивается при использовании ГСВ-1 на 36 %, ГСВ-1+Х-16 на 41 %, ГСВ+Х-25 на 45%.

Анализ результатов на усадку стружки показывает, что применение ЖКСХ в составах стандартных СОТС позволяет снизить коэффициент продольной усадки стружки. На рис. 2. представлена гистограмма коэффициента продольной усадки стружки при использовании различных СОТС.

Наибольшее значение коэффициента продольной усадки стружки получили при резании всухую. При использовании в качестве СОТС режущих масел с присадками ЖКСХ коэффициенты оказываются ниже, чем без присадок. Также использование в качестве СОТС режущих масел с присадками ЖКСХ

содержащих в своем составе атомы хлора значение коэффициента усадки оказывается еще ниже.

Для режущего масла СП-4 коэффициент усадки стружки снижается по отношению к резанию всухую на 7 %. При добавлении присадки ЖКСХ Х-16 коэффициент снижается на 14 %, а при добавлении хлорсодержащей присадки Х-25 коэффициент усадки стружки снижается на 25 %. При использовании режущего масла ГСВ-1 значение коэффициента усадки стружки ниже, чем при использовании СП-4. Так по отношению к резанию всухую, величина коэффициента усадки стружки снижается на 9 %, при добавлении присадки Х-16 на 12 %, при добавлении присадки Х-25 на 27 %.

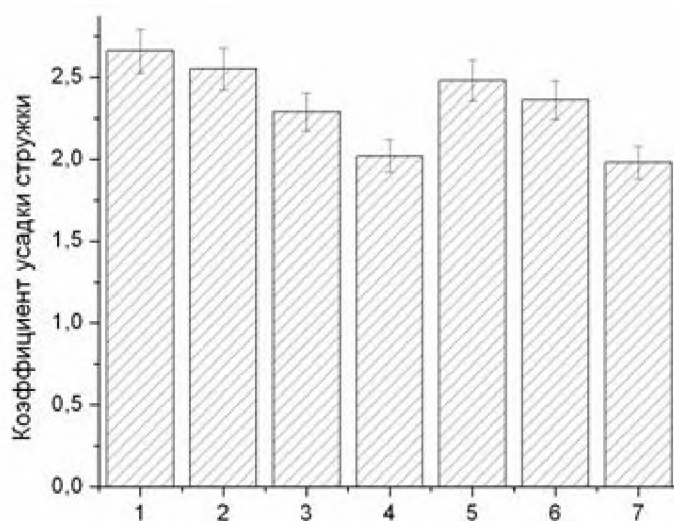


Рис. 2. Гистограмма продольной усадки стружки при точении стали 45:
 1 — всухую, 2 — СП-4, 3 — СП-4 + Х-16,
 4 — СП-4 + Х-25, 5 — ГСВ-1,
 6 — ГСВ-1+Х-16, 7 — ГСВ-1+Х-25

Причиной изменения усадки стружки при воздействии СОТС является на наш взгляд изменение пластичности материала. Известно, что более пластичные материалы имеют большую степень поперечной усадки стружки, чем менее пластичные. Пластичность материала повышается с увеличением температуры в зоне резания. Чем выше температура, тем выше пластичность, тем выше коэффициент усадки стружки. Эффективная смазка уменьшает температуру за счет уменьшения теплоты, выделяемой при трении на передней и задней поверхности резца, тем самым уменьшает усадку стружки. Таким образом, применение смазок с присадками Х-25 и Х-16 за счет эффективного смазочного действия позволяет снизить температуры в зоне резания. При этом хлорсодержащая присадка оказывается более эффективной.

Выводы. Эксперименты по использованию при металлообработке СОТС с присадками ЖКСХ подтвердили их высокую эффективность в качестве трибоактивных веществ. Отмечено снижение силовых параметров резания, уменьшение шероховатости поверхности, повышению стойкости инструмента, снижение коэффициента усадки стружки.

Подтвердилась рабочая гипотеза о более высокой эффективности хлорсодержащей присадки ЖКСХ Х-25 по сравнению с присадкой Х-16, не содержащей активных атомов.

Отмечено понижение эффективности СОТС с присадками ЖКСХ с повышением скорости обработки. Следовательно, данные СОТС можно рекомендовать для операций с малыми скоростями резания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по триботехнике. Под общ. ред. М. Хебды и А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение. Т.2.1990. 420с.
2. *Ермаков С.Ф., Родненков В.Г., Белоенко Е.Д., Купчинов Б.И.* Жидкие кристаллы в технике и медицине. Мн.: ООО «Асар», М.: ООО «ЧеРо», 2002. 412с
3. А.с. 601304 (СССР) Смазочно-охлаждающая жидкость для механической обработки металлов / Р.И. Карабанов, В.Н. Латышев, И.Г. Чистякова, В.М. Чайковский. Оpubл. в Б.И.1978. № 13.
4. Топлива, смазочные материалы и технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник под ред. В.М. Школьников. М.: Издательский центр «Техинформ», 1999. 596с.
5. *Колбашов М.А., Латышев В.Н., Новиков В.В., Сырбу С.А.* Влияние присадок холестерических жидких кристаллов на свойства смазочных масел при трении. // Жидкие кристаллы и их практическое использование. Вып.1(27), 2009. С. 78—85
6. *Латышев В.Н.* Трибология резания. Кн. 1: Фрикционные процессы при резании металлов. Иваново: Иван.гос.ун-т, 2009. 108 с.
7. *Demus D., Demus H., Zschke H.* Flussige kristalle in tabellen. Leipzig. VEB Deut. Verlag, 1974. 356 с
8. *Коротков В.Б.* Влияние мезогенных технологических сред на процесс резания медно-никелевых сплавов: Дисс. канд. техн. наук. Горький, 1982. 250 с.

УДК62-1/-9+62-91

Н. А. Кропотова, К. Н. Архангельский, Е. Ю. Моисеева, Л. В. Кочетков
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОГНЕЗАЩИТА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ БЫСТРОВЗВОДИМЫХ МОДУЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

Современный мир в условиях жесткой конкуренции на рынке и экономических спадов диктует обществу об ограничениях в потреблении и эксплуатации, поэтому подавляющее большинство новых построек и зданий относятся к новым видам – быстровозводимые модульные здания. Только потом встает вопрос о целесообразности и безопасности данных сооружений и зданий. В данной статье рассмотрен один из важнейших вопросов безопасности - огнезащита металлических конструкций.

Ключевые слова: огнезащита, защита металла от высоких температур, защита металлоконструкций, защита модульных зданий от воздействия высоких температур, быстровозводимые модульные здания.

N. A. Kropotova, K. N. Archangelsky, E. Yu. Moiseeva, L. V. Kochetkov

FIRE PROTECTION OF METAL STRUCTURES TO SOLVE ENGINEERING PROBLEMS PRE-FABRICATED MODULAR BUILDINGS

The modern world in the conditions of tough market competition and economic downturns society dictates constraints on consumption and exploitation, so the vast majority of new buildings and buildings relate to new types of prefabricated modular buildings. Then the question arises about the appropriateness and safety of these structures and buildings. This article describes one of the most important safety issues - fire protection of metal structures.

Keywords: fire protection, protection of metal against high temperatures, protection of structures, protection of modular buildings from the effects of high temperatures, prefabricated modular buildings.

Современный мир в условиях жесткой конкуренции на рынке и экономических спадов диктует обществу об ограничениях в потреблении и эксплуатации, поэтому подавляющее большинство новых построек и зданий относятся к новым видам – быстровозводимые модульные здания. Только потом встает вопрос о целесообразности и безопасности данных сооружений и зданий. Для нас представляется вероятным решить инженерную задачу о влиянии высокой температуры на свойства металлоконструкций быстровозводимых модульных зданий и попытаться решить ее в виде предложений по огнезащите.

Экстремально быстрое развитие в современном обществе инновационных технологических методов производства позволяет изготавливать крупные серии стандартных конструктивных элементов при сравнительно небольших затратах. Остается лишь нерешенной проблема огнезащиты несущих металлических конструкций, которая является на сегодняшний день одной из актуальных инженерных задач в области обеспечения пожарной безопасности объектов, поскольку свойства материалов сильно зависят от температуры.

Область применения и назначения быстровозводимых модульных зданий:

- общественные здания, торговые комплексы (рис.1);
- выставочные центры, стадионы;
- аэропорты, вокзалы;
- автомобильные паркинги, стоянки, заправки;
- производственные сооружения: склады, цеха, ангары и пр.

Все перечисленные объекты обычно имеют стальной каркас. Однако эффективный и эстетичный вид здания имеет весомый недостаток – склонность к деформации во время пожара. Огнезащита несущих металлических конструкций является одной из важнейших задач в области обеспечения пожарной безопасности объектов, поскольку свойства материалов сильно зависят от температуры. Из литературных источников известно, что до температуры 300 °С временное сопротивление σ_b повышается (на 20 – 30%), а при дальнейшем повышении температуры резко снижается. Величина предела текучести σ_T и предела

пропорциональности σ_n с повышением температуры уменьшается. При температуре 400 °С предел текучести составляет 60 – 70 % его величины при комнатной температуре. С повышением температуры длина площадки текучести сокращается и при температуре около 400 °С площадка вовсе исчезает. Пластические свойства (относительное остаточное удлинение при разрыве δ и сужение площади поперечного сечения ψ) с повышением температуры до 300 °С снижаются, а при дальнейшем ее повышении увеличиваются.

Механические свойства материалов зависят от продолжительности испытания. При некоторых температурах (например, для малоуглеродистой стали при температуре выше 800 °С) испытуемый образец может быть разрушен при напряжении меньшем, чем предел пропорциональности, соответствующий комнатной температуре, если это напряжение будет действовать достаточно продолжительное время [3].



Рис. 1. Быстровозводимое модульное здание

При пожарах температура нагрева металлоконструкций может превышать 800 °С. Из литературных источников известно, что воздействие температуры порядка 500 °С на металлоконструкцию, изготовленную из малоуглеродистой стали, приводит к ее размягчению, металл «плавает» и, как правило, происходит полная потеря несущей способности металлоконструкции. Воздействие температуры порядка 600 °С приводят к снижению прочности металлических деталей и конструкций приблизительно в 3 раза [1]. Поскольку металлы теряют свои прочностные свойства, вследствие длительного воздействия высоких температур и огня пламени, исследование по созданию огнезащитного покрытия представляется для нас наиболее актуальным.

Область применения различных способов огнезащиты определяют с учетом требуемого предела огнестойкости металлических деталей, их типа и ориентации в пространстве, вида нагрузки, действующей на детали и конструкции (статическая, динамическая), температурно-влажностного режима эксплуатации и производства работ по огнезащите (сухие, мокрые процессы), степени агрессивности окружающей среды и др.

Поскольку данные металлоконструкции нашли широкое применение в современной практике строительства, поэтому решение данной задачи представляется в поиске альтернативных методов огнезащиты, поскольку эффек-

тивный и эстетичный вид здания имеет весомый недостаток – склонность к деформации во время пожара.

Незащищенные стальные металлоконструкции начинают терять несущую способность и деформироваться, как правило, через 10-15 минут после начала воздействия на них теплового импульса [1]. Область применения различных способов огнезащиты определяют с учетом требуемого предела огнестойкости металлических деталей, их типа и ориентации в пространстве, вида нагрузки, действующей на детали и конструкции (статическая, динамическая), температурно-влажностного режима эксплуатации и производства работ по огнезащите (сухие, мокрые процессы), степени агрессивности окружающей среды и др. Создание совершенно новых покрытий, улучшающих прочностные свойства металлоконструкций при воздействии высоких температур является актуальной.

Одним из способов огнезащиты металлических конструкций, получивших широкое применение за последнее десятилетие, является нанесение огнезащитных покрытий.

На наш взгляд, разработка огнестойкого покрытия для металлоконструкций имеет два решения, это создание тонкослойной краски и покрытия, обладающего свойствами терморасширения.

Обзор литературных источников [2] и последних достижений науки по патентным предложениям Российской Федерации, показал, что современные исследователи для создания огнезащитных покрытий используют:

- для тонкослойной краски: алюмо- и кремнийорганические соединения, силикаты, асбестовые добавки;
- для вспучивающихся покрытий: фосфат аммония, графит.

На основании проведенного анализа имеющихся составов, предложены альтернативные рецептуры тонкослойной и вспучивающейся краски. Нами исследовано множество опытных смесей, мы приведен состав компонентных смесей, которые показали при исследовании металлических образцов наилучшие прочностные свойства.

Состав тонкослойной краски: оксид алюминия (1 моль), силикат натрия (2 моль), акриловая дисперсия (1,8 г/дм³).

Состав вспучивающейся краски: пентаэритрит (1 моль), дифосфат аммония (2 моль), карбамид (4 моль), акриловая дисперсия (1,5 г/дм³).

Таким образом, дальнейшее исследование будет посвящено разработке одного доступного и недорогого составов, который не уступал бы по функциональным возможностям в части касающиеся защиты от воздействия высокой температуры пожара, но являются альтернативным уже существующим аналогам, технологическим характеристикам и эффективности данного состава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Киселев В.В.* Влияние высоких температур при пожаре на прочность металлоконструкций. / В.В. Киселев, Н.А. Кропотова, К.А. Архангельский // Материалы XI

международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «ЭНЕРГИЯ -2016». – 2016. – Т. 4. – С. 124-126.

2. *Yew M.C.* Influences of flame-retardant fillers on fire protection and mechanical properties of intumescent coatings. / N.H. Ramli Sulong, M.K. Yew // Progress in organic coatings. Elsevier B.V. 2015, V. 78. - С. 59-66.

3. *Тайра С., Отани Р.* Теория высокотемпературной прочности материалов. – М.: Металлургия, 1986. – 280 с.

4. *Киселев В.В.* Повышение надежности металлоконструкций в условиях повышенных температур за счет применения огнестойких покрытий/ В.В. Киселев, Н.А. Кропотова, К.А. Архангельский. // Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции «Надежность и долговечность машин и механизмов», посвященной 50-летию со Дня образования учебного заведения и Году пожарной охраны России, Иваново (14 апреля 2016 г.) / под общ. ред. В. В. Киселева. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. - С. 21-24.

5. *Киселев В.В.* К вопросу защиты металлоконструкций от теплового потока при пожаре. // В.В. Киселев, А.А. Покровский, Н.А. Кропотова, А.Н. Мальцев. // Сборник материалов научно-практической конференции «Наука XXI век: открытия, инновации, технологии». - Смоленск (31 апреля 2016 г.), 2016. - С. 18-21.

6. *Киселев В.В.* Разработка огнестойкого покрытия для защиты металлоконструкций от высоких температур при пожаре./ В.В. Киселев, Н.А. Кропотова, К.А. Архангельский. // Сборник материалов XXVI Международной научно-практической конференции «Предупреждение. Спасение. Помощь». - Химки, Московская обл. – 2016. С. 9-14.

7. *Киселев В.В.* Разработка огнезащитных покрытий для металлоконструкций. / В.В. Киселев, Н.А. Кропотова, К.А. Архангельский. // Сборник материалов II Межвузовской научно-практической конференции «Современные пожаробезопасные материалы и технологии», посвященной Году пожарной охраны России. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. - С. 8 – 12.

УДК62-1/-9+62-91

Н. А. Кропотова, Е. Ю. Моисеева, Л. В. Кочетков

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СОВРЕМЕННАЯ ПОЖАРОБЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ БЕСКОНТАКТНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

В данной статье рассмотрен один из способов бесконтактного огнегашения – воздействием электрического импульса. Проведенный обзор зарубежных исследователей и отечественных инженеров показал, что современное общество нуждается в альтернативных способах управления огнем и его тушением. Авторами предлагается один из разработанных и внедренных в практику способов манипулирования пламенем вплоть до его исчезновения. Приводятся результаты первоначального испытания воздействия электромагнитного поля на пламя.

Ключевые слова: бесконтактное управление огнем, физика подавления огня, исчезновение пламени под действием электромагнитного импульса, способ управления огнем.

N. A. Kropotova, E. Yu. Moiseeva, L. V. Kochetkov

MODERN FIREPROOF TECHNOLOGY OF CONTACT-FREE FIRE EXTINGUISHING

This article discusses one of the ways contactless aggregate induced electrical pulse. The review of foreign researchers and domestic engineers have shown that modern society needs to implement alternative methods of fire control and suppression. The authors proposed one of the developed and put into practice ways of manipulating the flame until his disappearance. The results of the initial tests of the effects of electromagnetic field on the flame.

Keywords: non-contact control of fire, physics, fire suppression, extinction of the flame under the action of an electromagnetic pulse method of fire control.

Одной из наиболее актуальных проблем современного общества остаются пожары. Даже при современных методах и технологиях управления многими процессами инженерам-исследователям трудно научиться управлять энергетикой разрушения. Известно, что существуют разработки как предпосылки для управления реакцией горения в работах зарубежных и отечественных авторов:

- акустическое влияние при реализации возвратно-поступательного резонанса [1, 2]. Причина огнегашения: акустические волны истончают зону сгорания; воздействуют на поверхность горючего, увеличивая скорость его испарения – снижение температуры огня.

- действие магнитного импульса на пламя [3]. Воздействие поля на плазму огня приводит к образованию мощных потоков частиц – ионов, которые сдувают пламя, приводя к его гашению.

- электроогневая технология [4, 5]. Данный метод тушения пламени состоит в воздействии на пламя сильным импульсным электрическим полем с напряженностью 5 кВ/см и выше. И может эффективно применяться в качестве принципиально нового эффективного средства для бесконтактного тушения пламени. Физическая сущность предложенного способа состоит в том, что любое пламя ионизировано, а значит с помощью электричества можно управлять горением, в частности тушить пламя. Наилучший эффект достигается с использованием сильного осциллирующего поля, который способен бороться с огнем на больших расстояниях.

Анализ литературных источников показал, что исследования в данном направлении проводятся и тема остается актуальной по настоящее время. Возможность контролировать положение пламени, конечно, любопытна, однако в борьбе с пожаром она вряд ли поможет. Впрочем, такой подход может пригодиться, если пламя бушует внутри закрытого пространства. Кроме того, не допуская распространения пламени, можно добиться локализации пожара. Взвесив все представленные методы, добавив инновационный подход к проблеме, мы разработали новое оборудование способное вступать в борьбу с огнем на основе электромагнитного осциллирующего поля при этом оставаясь мобильным.

Простейшая схема для создания осциллирующего электромагнитного поля от 8 кВ приведена на рис. 1, на основе которой и разработана модульная установка для бесконтактного управления пламенем [6].

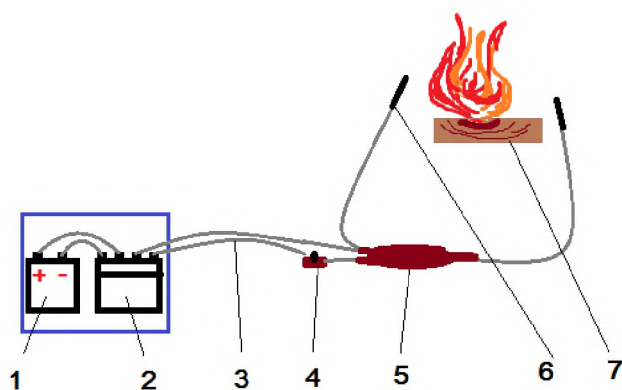


Рис. 1. Принципиальная схема модульной установки тушения пламени: 1- источник постоянного тока 9-12 В, 2 – катушка и конденсатор, 3 – соединительные провода, 4 – кнопка, 5 – катушка зажигания (до 30 кВ), 6 – проводники, 7 – горящий объект

Эксперимент состоял в следующем: к древесине (50×206×34 мм) подносим источник зажигания – открытое пламя. Открытое пламя воздействует до устойчивого самостоятельного горения испытательного образца древесины, температура горения составляет порядка 1090 ± 30 °С. После этого образец

подвергаем импульсному воздействию электрического поля. В результате непродолжительного воздействия электрического поля (40 секунд) пламя не распространяется по древесине, объем которого значительно уменьшился. После 2,5 минут пламя уменьшается в три раза от первоначального. Через 3 минуты практически исчезает.

Поскольку после воздействия на пламя электрическим полем произошло его гашение, стоит задуматься о безопасности разработанной методики и внедрения в практику. Задачи, которые предстоит решить: определить кинематические и физические характеристики воздействия электрического поля, объяснить предполагаемый механизм гашения пламени при воздействии электрического поля.

Авторским коллективом будут в дальнейшем проведены исследования по управлению процессами огнегашения, а пока приводится лишь возможный механизм физико-химического воздействия. Предполагается, что имеет место сразу несколько разных явлений. Сильное электрическое поле (до 30 кВ) формируемое модульной установкой, скорее всего, влияет на заряженные частицы внутри пламени (сажу, образованную на поверхности древесины, ионы и электроны) и заставляет их перемещаться. А эти заряженные частицы, в свою очередь, влияют на потоки газа в пламени, нарушают его стабильность и в финале отделяют пламя от его источника (древесины). Нами использовалось поле 8-10 кВ, что явилось достаточным для подавления загорания.

Результаты проведенных исследований показали:

- электрическое поле влияет на заряженные частицы внутри пламени и заставляет их перемещаться;
- заряженные движущиеся частицы в электрическом поле влияют на потоки газа в пламени и способны его отделить от источника;
- модульная установка способна подавлять пламя до 1000 ± 30 °С;
- первоначальные эксперименты проводились на треть мощности дающей модульной установкой;
- результаты влияния электрического поля на механизмы горения воспроизводимы;
- существует возможность модернизации данной установки, и внедрения в практику.

Нами планируется провести исследования в дальнейшем на управление горения различных продуктов: жидкости, твердые вещества, газы.

Конечным результатом данного исследования стал заплечный ранец-огнетушитель для спасателей (силовая установка будет располагаться внутри), 3D модель которого приведена на рис. 2.

Тушить возгорания при помощи новой технологии можно будет издалека. А это не только обезопасит пожарных, но и избавит спасателей от необходимости в подводе воды и прочих материалов к месту пожара. Или, во всяком случае, традиционных средств пожаротушения потребуется меньше, чем раньше.



Рис. 2. 3D модель модульной установки для бесконтактного управления пламенем

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 катастрофическими. Поскольку проблематика является актуальной, поэтому инновационные достижения необходимы для образовательного процесса [7]. Инновационное образование - одна из концептуальных основ формирования профессиональных компетенций обучающихся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электронный ресурс: <http://fort-i-ko.livejournal.com/240026.html>
2. Лесков И.А. Электромагнитное и акустическое воздействие на распространение пламени / И.А. Лесков, В.М. Троценко, Н.В. Беспалов // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. XXV междунар. студ. науч.-практ. конф. № 10 (24). URL: [http://sibac.info/archive/technic/10\(24\).pdf](http://sibac.info/archive/technic/10(24).pdf) (дата обращения: 30.03.2017)
3. Кривокорытов М.С. Влияние акустических колебаний на диффузионное горение метана / Кривокорытов М.С./ Голуб В.В./ Володин В.В. 2012 г. — С. 59.
4. Дудышев В.Д. Новая электроогневая технология экологически чистого горения. //Журн. Новая Энергетика, №1. 2003. – С. 76-82.

5. Электронный ресурс: <http://elektroas.ru/pozharnye-budut-tushit-plamya-elektricheskim-tokom> (дата обращения: 30.03.2017)

6. Кропотова Н.А. Инновационное техническое решение бесконтактного управления процессами горения. / Н.А. Кропотова, В.Е. Иванов, Л.В. Кочетков, Е.Ю. Моисеева // Сб. статей III Международного научно-практического конкурса «Профессионал 2017». Пенза, 2017. – С. 20-25.

7. Кропотова, Н.А. Концептуальные основы формирования профессиональных компетенций обучающихся. / Н.А. Кропотова, В.Е. Иванов // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2017 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 500-503. – ISBN 978-5-7807-1206-0

УДК 656.7.025:627.77

М. А. Лосев, А. А. Таранцев

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

О ВОЗМОЖНОСТИ ЭКСТРЕННОЙ ЭВАКУАЦИИ ПЕРСОНАЛА С НЕФТЯННЫХ ПЛАТФОРМ В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ

В подразделениях пожарной охраны России пожарная техника эксплуатируется не всегда эффективно. Используемая в настоящее время техника не решает вопросы оперативной эвакуации людей с нефтедобывающих платформ, а тем более с плавучих, расположенных в арктических районах. Использование специальной авиации, не всегда возможно ввиду больших финансовых затрат и зависимости от метеоусловий. В работе раскрыта актуальность применения реактивных блоков для переноса людей с таких мест, в случае экстренной эвакуации в безопасную зону.

Ключевые слова: Арктическая зона, экстренная эвакуация, аварийные ситуации, нефтяные платформы.

М. А. Losev, A. A. Tarantsev

ABOUT THE POSSIBILITY OF EMERGENCY EVACUATION OF PERSONNEL WITH OIL PLATFORMS IN HIGH-PERIODS

The Russian divisions of fire protection firefighting equipment in operation is not always effective. The technology currently used does not solve the problems of prompt evacuation of people from oil producing platforms, and even more so from floating ones located in the Arctic regions. The use of special aviation is not always possible due to high financial costs and dependence on weather conditions. The work reveals the urgency of the use of reactive blocks for transferring people from such places, in case of emergency evacuation to a safe zone.

Keywords: Arctic zone, emergency evacuation, emergency situations, Oil platforms.

В настоящее время с Арктическим регионом связаны долгосрочные интересы многих стран мира. Через полвека Арктика может стать самой крупной кладовой энергоресурсов и ключевым транспортным узлом планеты. XXI в. нередко называют «веком Арктики»: именно в начале нового века определились перспективы освоения региона, а также появились инвестиционные ресурсы для реализации крупномасштабных арктических программ. Огромные природные богатства, потенциальные ресурсы нефти и газа, а также транзитные возможности делают контроль над циркумполярным регионом геополитическим приоритетом для многих государств современного мира. Здесь функционируют сложные предприятия, ведется масштабная экономическая деятельность по добыче, переработке и транспортировке минерального сырья. Так, в частности, загрузка экспортного газопровода «Северный поток», предназначенного для поставок российского газа в Европу, будет осуществляться прежде всего за счет использования сырьевой базы арктических территорий – Южно-Русского нефтегазового месторождения, месторождения полуострова Ямал, Обско-Тазовской губы, Штокмановского месторождения. Строительство нефтепровода Заполярье – Пурпе, призванного переориентировать экспорт российской нефти в страны Азиатско-Тихоокеанского региона, рассчитано на вовлечение в оборот ресурсов Арктики новых месторождений Ямало-Ненецкого автономного округа и севера Красноярского края. Одной из задач МЧС России является выполнение спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ при чрезвычайных ситуациях различного характера. Аварийно-спасательные и другие неотложные работы (АСДНР) производятся для спасения пострадавших, ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, локализации и тушения пожаров, снижения ущерба и вторичных факторов ЧС. В современных условиях участвующих ЧС природного и техногенного характера возрастают масштабы последствий, увеличивается продолжительность и объем АСДНР. Успешное выполнение больших и трудоемких АСДНР будет во многом зависеть от оснащенности подразделений МЧС современными средствами механизации и подготовки личного состава основным приемам и способам ведения работ.

Бурение на шельфе осуществляется с плавучих буровых платформ, способных работать в холодных водах и выдерживать столкновения со льдами. Главное требование к этим сооружениям — способность выдерживать подводные течения, агрессивную морскую среду, противостоять «ледяным атакам». На случай разлива нефти на платформе есть вся необходимая техника и оборудование, специальные суда. Но в случае возгорания и взрывов всему персоналу, обслуживающему объект, необходимо срочно эвакуироваться, чтобы избежать жертв.



Рис. 1. Пожар на плавучей платформе в Арктических широтах

Для решения этой проблемы была разработана ракетная система [1], предназначенная для экстренной эвакуации в аварийной ситуации. Она состоит из разгонного блока в виде ступени ракеты, контейнера с модулем для размещения людей и устройства для мягкой посадки [2].

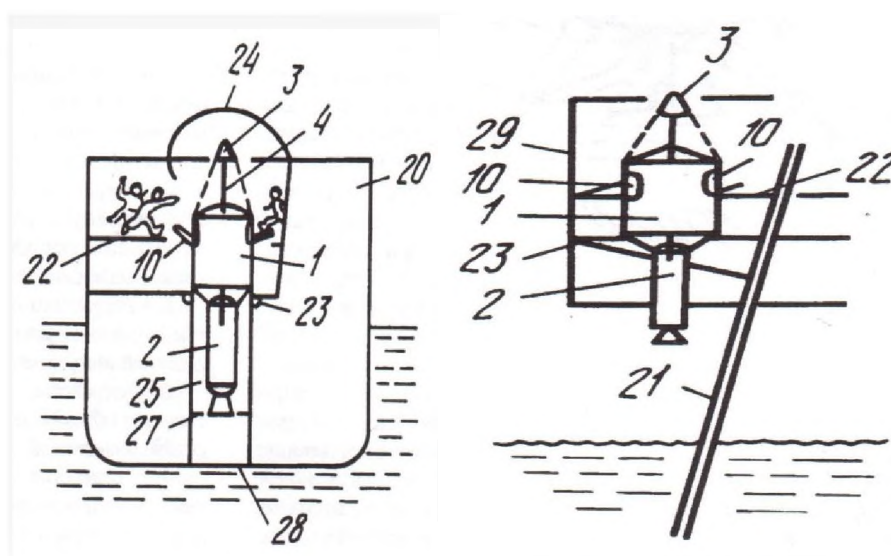


Рис. 2. Устройства для экстренной эвакуации персонала

Базируясь на стартовых станциях в Арктических районах, прилегающих к нефтяным платформам, система [1], может экстренно доставить и мягко приземлить модуль с персоналом в пункте назначения или просто вне зоны ЧС. В настоящее время есть все предпосылки для разработки и практического внедрения устройств [1] и [3]. Тем более, что проведенные баллистические расчёты [4,5] показали эффективность системы [2]. Применение устройств [1], в от-

личие от ракет, имеющих сложные средства защиты и автономную систему наведения, не представляет большой трудности. Точность приземления может обуславливаться только ветровыми нагрузками в районе пункта назначения. Наиважнейшая задача - это спасение жизней людей.

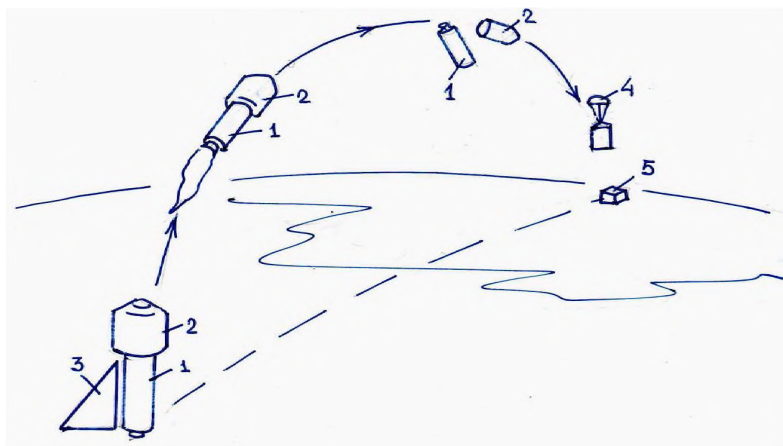


Рис. 3. Схема экстренной эвакуации:
1.Разгонный блок. 2.Модуль с людьми. 3.Объект, где возможна ЧС. 4.Посадочная система. 5.Пункт назначения

Источниками возникновения ЧС в экстремальных природных условиях Сибири и Севера могут быть как непосредственно производства по добыче и транспортировке полезных ископаемых. Соответственно требует совершенствования система безопасности населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера с учетом разной степени освоенности и экономической активности территорий Арктической зоны. Надежность техники всегда была одной из основных инженерных проблем, ей всегда уделялось большое внимание. С учетом тенденции и необходимости освоения Арктики проблема значительно обострилась и приобрела более сложную форму.

В заключение хотелось бы отметить, что качественное переоснащение сил МЧС России новыми, высокоэффективными аварийно-спасательными технологиями, а именно - устройствами с применением разгонного блока, способными обеспечить экстренную эвакуацию персонала в условиях низких температур, в настоящее время является одной из основных задач обеспечения безопасности объектов расположенных и строящихся в Арктической зоне России. Но применению устройств [1] должна предшествовать тщательная баллистическая проработка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устройство для локализации последствий аварии. Патент РФ № 2007204, 1990 г.
2. Посадочная система. Патент РФ № 2001002, 1990 г.

3. Устройство для эвакуации персонала с аварийного объекта. Патент РФ № 2068285, 1992 г.

4. Димич В.В., Таранцев А.А. О возможностях перспективной посадочной системы // «Известия ВУЗов. Авиационная техника», № 4, Казань, 1996.

5. Бала Ю.А., Малыгин И.Г., Таранцев А.А. Перспективная посадочная система для десантирования сил и средств пожарной охраны // «Пожаровзрывобезопасность», № 1, 2003.

6. Концепция системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктике («Арктик-Рескью») // Материалы международной конференции 27–28 февраля 2006 г.

7. Инженерный справочник по космической технике. Изд. 2-е, перераб и доп / Под ред. А.В. Солодова. М.: Воениздат, 1977.

8. «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», от 18 сентября 2008 г. № Пр-1969.

УДК 614.814.332

А. Е. Лупандин, В. А. Кудряшов

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

УСТОЙЧИВОСТЬ СТАЛЬНОГО КАРКАСА ЗДАНИЯ ПРИ ПОЖАРЕ С УЧЕТОМ РАБОТЫ УЗЛОВ СОЕДИНЕНИЙ

Представлена методика проведения натурных огневых испытаний стального каркаса здания с учетом работы узлов соединений стального каркаса. Получены экспериментальные данные по развитию среднеобъемной температуры, температуры и перемещений элементов и узлов каркаса. По результатам проведенных испытаний, а также оценки технического состояния конструкций и узлов соединений после испытаний получены сведения, позволяющие проанализировать работу узлов соединений в условиях реального пожара и их вклад в устойчивость каркаса здания.

Ключевые слова: узлы соединений, стальные конструкции, устойчивость здания, огнестойкость, стандартный пожар, огневые испытания, пожарная безопасность.

А. Е. Lupandin, V. A. Kudryashov

STABILITY OF THE STEEL FRAMEWORK OF THE BUILDING UNDER FIRE WITH ACCOUNT OF WORK OF JOINTS

A technique for performing full-scale fire tests of the steel frame of a building is presented, taking into account the work of joints of the steel framework. Experimental data on the development of mean volume temperature, temperature and displacements of elements and joints have been obtained. Based on the results of the tests carried out, as well as evaluating the technical condition of the structures and assemblies of the joints after the tests, in-

formation has been obtained that allows analyzing the work of the joints in real fire conditions and their contribution to the stability of the carcass building.

Keywords: joints, steel structures, building stability, fire resistance, fire protection, standard fire, fire tests, fire safety.

Соединения стальных конструкций, которые предполагается эксплуатировать при температуре окружающей среды, также способны обеспечить значительную прочность и жесткость при повышенных температурах, особенно это связано с тем, что их температура остается ниже, чем у соединяемых балок. По этой причине они могут значительно уменьшить прогибы балок на любой стадии пожара, что увеличивает огнестойкость последних, а внутренние моменты, образующиеся в узлах, могут быть перераспределены на соседние более холодные элементы каркаса здания.

Экспериментальные исследования, связанные с изучением поведения узлов соединений стальных конструкций при повышенных температурах, являются относительно недавними и их число весьма ограничено главным образом из-за высокой стоимости испытаний и ограничений, связанных размером используемой печи. Результаты огневых испытаний узлов соединений, изолированных от каркаса здания, дают важные фундаментальные сведения об их поведении, но не отражают реальной картины поведения узлов в зданиях в случае пожара. По этой причине, наибольший интерес для изучения вызывает поведение узлов соединений в составе каркасов, подвергнутых реальному температурному воздействию.

Принимая во внимание изложенное, для изучения поведения узлов соединений стальных конструкций при пожаре авторами совместно с проведением иных диссертационных исследований разработана методика и проведены натурные огневые испытания [1], имитирующие пожар в реальном здании, а также разработана методика оценки технического состояния конструкций и узлов соединений после испытаний.

Экспериментальное здание возведено размерами в плане 6,0×6,0 м с высотой колонн от фундамента до верхнего среза 3,0 м, выполненное в виде трех двухпролетных рам с расстоянием между осями колонн 3,0 м (рисунок). Проектные решения в части габаритов здания и примененных строительных материалов были продиктованы экономической составляющей, но не снижают научную ценность полученных результатов.

По внешнему периметру стального каркаса на удалении не менее 200 мм от оси колонн были запроектированы стены из ячеистобетонных камней автоклавного твердения марки 2,5-500-3,5-1 по СТБ 1117 [2].

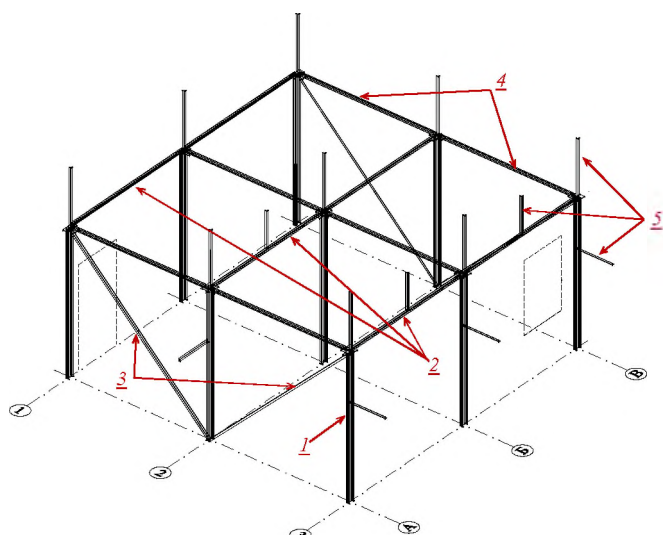


Рис. 1. Вид каркаса экспериментального сооружения: 1 – колонна; 2 – балка; 3 – раскос; 4 – поперечные связи; 5 – индикаторы деформаций

Вертикальные стойки из двутаврового профиля № 12 по ГОСТ 8239 [3] устанавливались на базе стаканов фундаментов и жестко крепились к ним. В верхней части стойки соединялись с балками и поперечными связями, выполненными из швеллерного профиля № 6,5 по ГОСТ 8240 [4], каждая посредством 4 болтовых соединений М12 через вспомогательные фасонки (на основе пластины толщиной 10 мм).

Для обеспечения геометрической неизменяемости каркаса здания дополнительно предусмотрены диагональные связи, выполненные из уголкового профиля № 4 по ГОСТ 8509 [5], которые крепились к фасонкам стоек посредством ручной дуговой сваркой с катетом 4 мм с длиной сварного шва не менее 100 мм. Балки и поперечные связи в каждом пролете между собой не пересекались, соответственно, не препятствовали свободному повороту друг друга относительно стоек.

Покрытие экспериментального фрагмента было выполнено из профилей стальных листовых гнутых с трапециевидными гофрами марки Н75-750-0,9 по ГОСТ 24045 [7].

Для повышения огнестойкости стальных каркасных конструкций, а также части ограждающих конструкций из ячеистобетонных камней и покрытия здания предусмотрены решения с применением огнестойких плит.

В процессе проведения экспериментальных исследований регистрировали температуру элементов и узлов каркаса, среднеобъемную температуру газовой среды внутри исследуемого здания, перемещение и поведение конструкций. Измерение температуры осуществляли при помощи термоэлектрических преобразователей ТХА с диапазоном рабочих температур $-40 \dots 1100$ °С, газовой среды – термоэлектрическими преобразователями ТХА с диапазоном рабочих температур $40 \dots 1200$ °С. Для регистрации изменения температуры в каждом исследуемом узле предусмотрено устройство 14 термоэлектрических преобразователей в каждом узле по оси соединения балок со стойками. Вывод термопреобразователей осуществлялся наружу.

Для фиксации углов поворота колонн и перемещения балок применялись приваренные вдоль и перпендикулярно оси колонны уголки с закрепленными на них геодезическими марками. По периметру экспериментального здания установлены 5 станций стояния с электронными тахеометрами, при помощи которых производилась фиксация перемещений геодезических марок на уголке.

Нагрузка на конструкции представляла полиэтиленовые мешки с песком, размещенные рассредоточено в пределах осей 1-2/А-В – с плотностью 55 кг/м² и сосредоточено на 2 симметричных площадках, с плотностью 330 кг/м² в ближайших грузовых четвертях колонны по оси 3/Б.

В качестве температурного режима испытаний выбран стандартный температурный режим по ГОСТ 30247.0 [8], что обусловлено наступлением наиболее неблагоприятных последствий для строительных конструкций при его воздействии. Для его создания в экспериментальном здании устроено 20 очагов пожарной нагрузки с регулируемым воздухообменом. В качестве пожарной нагрузки использовано 1800 литров отработанного моторного масла и 1800 кг древесины.

Разрушение экспериментального сооружения произошло на 76 минуте натурных огневых испытаний [1] и сопровождалось потерей устойчивости каркаса с его последующим прогрессирующим обрушением.

Анализ полученных данных и результатов фото- и видеофиксации указывает, что потеря устойчивости каркаса здания наступила на 57 минуте испытания, что сопровождалось максимальными перемещениями оголовка колонны 2/А и прогибом сопрягаемой с ней балкой 2/А-Б. В этот момент температура узла соединения 2/А составила 372 °С, в то время как температура сопрягаемой колонны 2/А приблизилась к 500 °С. Несмотря на достижение колонной 2/А «критической температуры», прогрессирующего разрушения здания не произошло. Работа узлов соединений и их участие в перераспределении усилий в конструктивной схеме здания ввиду потери пролетными и стоечными элементами устойчивости позволили избежать прогрессирующего обрушения здания и обеспечить устойчивость каркаса на протяжении более чем 15 минут. Конечное обрушение здания носило прогрессирующий характер.

Оценка технического состояния конструкций и узлов соединений после испытаний проводилась на основе визуального и инструментального обследований деформаций и имеющихся повреждений стальных конструкций здания и элементов узлов соединений. Инструментальное обследование выполнялось ручным способом и с применением оборудования, фиксирующего деформации и повреждения в автоматическом режиме.

Сбор экспериментальных данных при ручном способе заключался в оценке технического состояния конструкций и узлов после пожара. Для этих целей строительные конструкции были промаркированы контрольными точками с

шагом 0,3...0,5 м вдоль образующих линий (границы полки и центральной оси стенки двутавра, границы полок швеллеров).

Для определения длины кривых, образованных в результате деформаций, применялся механический курвиметр. Начало отсчета выбрано для каждой грани относительно основания колонны, каждый шаг измерений выполнялся от начала координат до искомой контрольной точки. Для определения места установления контрольной точки выполнялось не менее трех измерений.

После установления контрольных точек на колоннах при помощи шнурового отвеса, уголка и линейки определены их координаты в пространстве. Для упрощения измерений координат точек каждой конструкции была сымитирована система координат, выполненная при помощи двух деревянных брусков длиной 3,0 метра, скрепленных под углом 90 градусов (ось XOY), которая размещалась у основания колонны, а горизонтальное расположение которых регулировалось при помощи уровня. Далее при помощи шнурового отвеса определялась координата точки по оси Z.

Инструментальное обследование с применением оборудования, фиксирующего деформации и повреждения в автоматическом режиме осуществлялось с применением наземного лазерного 3D сканера, с последующим формированием трёхмерного изображения (скана) в виде облака точек. Съёмка проводилась из 9 разных точек, расположенных как внутри здания, так и снаружи.

По результатам обследований получены сведения о повреждениях и деформациях строительных конструкций, свидетельствующих о следующем:

полное разрушение строительных конструкций не произошло;

несмотря на имеющиеся разрушения узлов соединений, балки не разрушились даже при наличии больших значений прогибов;

имеют место разрушения болтов с характерными признаками среза;

имеют место разрушения сварных соединений в местах креплений балок и прогонов к вспомогательным фасонкам;

наибольшие изменения геометрических размеров имеет колонна 2/А (первая утратившая устойчивость согласно выдвинутой гипотезе).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Огневые испытания натурального фрагмента стального каркаса здания с конструктивной огнезащитой и ограждением из ячеистых стеновых блоков / В.А. Кудряшов [и др.] // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2016. – № 1(39). – С. 113–131.

2. СТБ 1117-98. Блоки из ячеистых бетонов стеновые. Технические условия. – Взамен ГОСТ 21520-89. – Введ. 01.04.1999 г. – Минск : Госстандарт, 1998. – 68 с.

3. ГОСТ 8239-89. Двутавры стальные горячекатаные. Сорта-мент. – Взамен ГОСТ 8239-72. – Введ. 01.07.1990 г. – Минск : Госстандарт, 1990. – 7 с.

4. ГОСТ 8240-97. Швеллеры стальные горячекатаные. Сорта-мент. – Взамен ГОСТ 8240-89. – Введ. 01.09.2002 г. – Минск : Госстандарт, 1990. – 20 с.

5. ГОСТ 8509-93. Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент. – Взамен ГОСТ 8509-86. – Введ. 01.01.1996 г. – Минск : Госстандарт, 1994. – 16 с.

6. Межгосударственный стандарт. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования: ГОСТ 30247.0-94. – Введ. 01.10.1998г. – Взамен СТ СЭВ 1000-78. – Минск: Минстройархитектуры, 1998. – 16 с.

7. ГОСТ 24045-94. Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. Технические условия. – Введ. 01.01.1996 г. – Минск : Госстандарт, 1996. – 32 с.

8. ГОСТ 30247.0-94. Межгосударственный стандарт. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования – Взамен СТ СЭВ 1000-78. – Введ. 01.10.1998. – Минск : Минстройархитектуры, 1998. – 12 с.

УДК 636.083.32

И. И. Манило^{}, В. П. Воинков^{*}, В. И. Зыков^{**}, В. П. Чистяков^{*},
К. С. Кондратов^{***}, Ю. С. Русаков^{***}*

^{*}ФГОУ ВО «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева»

^{**}ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России»

^{***}Главное управление МЧС России по Курганской области

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Показано, что привязное содержание животных в стойлах предопределяет повышение производства молока и мяса. При этом стойла оборудуются автоматической привязью, которая сокращает затраты труда и повышает безопасность работников-животноводов, а также обеспечивает свободный выход животных из помещения при пожаре.

Ключевые слова: привязное содержание животных; активный моцион животных; автоматическая привязь; система управления пожарозащитой.

I. I. Manilo, V. P. Voinkov, V. I. Zykov, V. P. Chistyakov, K. S. Kondratov, Y. S. Rusakov

AUTOMATED TETHER-BASED FIRE SAFETY OF LIVESTOCK

It is shown that tethered animals in stalls leads to increasing the production of milk and meat. The stalls are equipped with automatic leash, which reduces labor costs and increases the safety of workers is livestock, and provides free exit of animals from the premises in case of fire.

Keywords: tethered animals; active exercise animals; auto leash; control system with fire protection.

Надёжная фиксация животного в стойле позволяет оптимизировать все технологические процессы и ветеринарные мероприятия сопутствующие привязному содержанию животных. В этой связи наиболее важной на ферме остаётся проблема оптимальной организации привязи, в частности, её автоматизация. Последняя может не только существенно облегчить труд животноводов, но и повысить общую безопасность фермы, включая пожарную.

Наиболее приемлемой для достижения этих целей является привязь-ловушка. Она является наименее материалоемкой конструкцией из известных автоматических привязей. При этом животное обладает возможностью наиболее свободного движения головой, беспрепятственно ложится и поднимается в стойле. Опыт эксплуатации таких автопривязей, не смотря на присущие им некоторые недостатки, показал, что на привязывание одним рабочим 100 гол. скота, включая его расстановку по стойлам, требуется 5...7 мин. и 2 мин. на отвязывание. Быстрой расстановке по стойлам животных для привязывания способствует привычка скота заходить в своё стойло почти без участия обслуживающего персонала. Автоматическая привязь существенно повышает производительность и улучшает условия труда дояров за счет перевода доения на высокопроизводительные станочные установки. Облегчается также организация прогулок животных. Кроме этого повышается уровень безопасности содержания животных. При несчастном случае (пожар) автопривязь позволяет быстро освободить и вывести коров из здания.

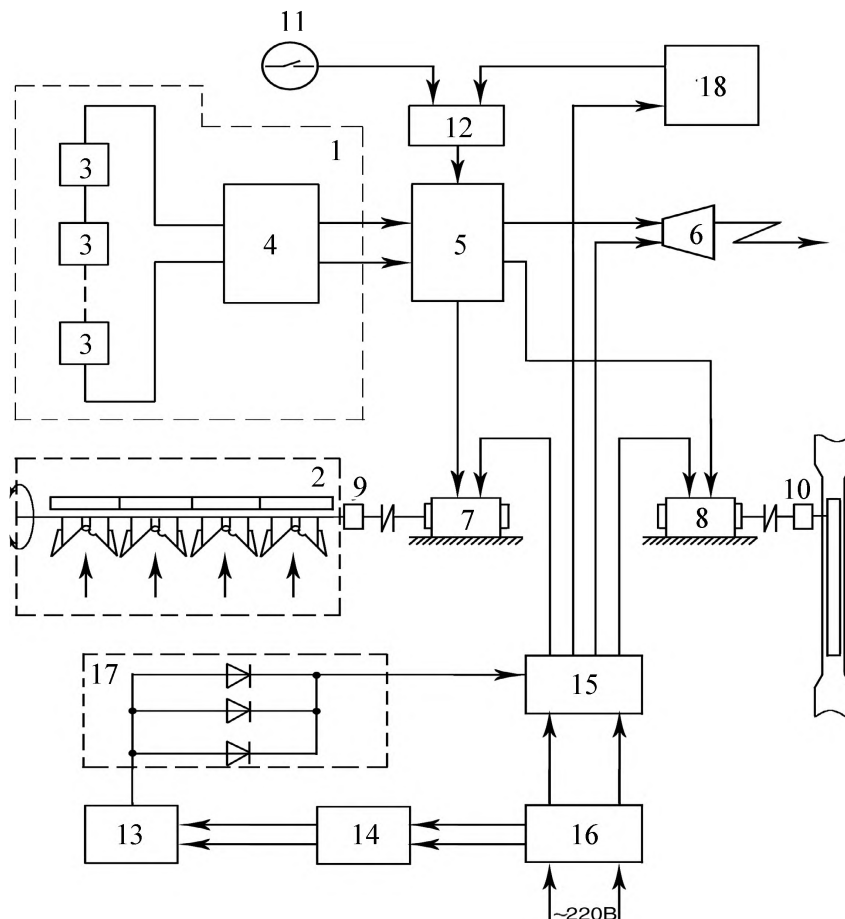
Многолетний опыт разработки и внедрения конструкции привязи-ловушки [1...6] показывает, что её применение не только существенно экономит затраты ручного труда на индивидуальное привязывание и отвязывание животных, улучшая тем самым условия труда обслуживающего персонала и исключая травматизм, но и повышает продуктивность животных за счет обеспечения системного свободного выгула.

В целях дальнейшего развития автоматизации содержания животных и улучшения условий труда работников ферм кроме автоматической системы привязи разработаны инженерно-технические решения по оснащению помещений животноводческих комплексов раздвижными воротами и устройствами подачи звуковых сигналов, включение которых совпадает с активацией электроприводов привязи и ворот (привязи – на отвязывание и привязывание; ворот – на открывание и закрывание) [3-4].

При этом, для эффективного решения этой задачи при возникновении пожаров помещения фермы (собственно, стойловые помещения, а также кормоприготовительные, молочные и другие отделения и подсобные помещения) оснащены системами автоматической пожарной сигнализации.

Автоматизированная система управления противопожарной защитой помещения для содержания животных (рисунок), состоящая из АПС 1 и автоматической привязи 2, работает следующим образом. При срабатывании пожарного извещателя (извещателей) 3 сигнал поступает на прибор 4, с которого через блок управления 5 включаются: устройство 6, формирующее звуковой сигнал, двигатели 7 и 8 электроприводов, соответственно, автоматической привязи

9 и раздвижных ворот 10. Для ручного дистанционного включения электродвигателей 7 и 8, подачи звукового сигнала устройством 6 используется кнопка 11, подключенная через элемент «ИЛИ» 12.



- 1 – автоматическая пожарная сигнализация (АПС); 2 – автоматическая привязь (фрагмент); 3 – пожарный извещатель; 4 – приемно-контрольный прибор;
5 – блок управления; 6 – устройство подачи звукового сигнала;
7, 8 – электродвигатель; 9, 10 – электроприводы, соответственно, привязи и ворот, с редукторами; 11 – кнопка ручного дистанционного включения;
12 – элемент «ИЛИ»; 13 – аккумуляторная станция;
14 – зарядно-разрядное устройство; 15 – блок питания (выпрямитель со стабилизатором); 16 – силовой щиток; 17 – блок подпора выходного напряжения аккумуляторной станции; 18 – таймер

Рис. 1. Структурная блок-схема автоматизированной системы управления пожарозащитой (АСУПЗ) помещения для содержания животных

Услышав звуковой сигнал, освобожденные из ловушек животные, следуя выработанной привычке, быстро покидают помещение.

В целях обеспечения надежного функционирования системы её электропитание осуществляется от двух источников, имеющих определенные электрические взаимосвязи (аккумуляторная станция 13 через автоматическое зарядно-разрядное устройство 14 подключена к питающей сети), но работающих в индивидуальных режимах. В частности, это происходит от блока 15 питания (выпрямителя со стабилизатором), подключенного к сети питания фермы электроэнергией, и аккумуляторной станции, вход которой через вышеупомянутое зарядно-разрядное устройство 14 подключен к силовому щиту питания 16, а выходы – соединены с выходами блока 15 питания через блок 17 подпора выходного напряжения аккумуляторной станции.

При нарушении энергоснабжения фермы напряжение на выходе блока 15 питания электродвигателей 7, 8, АПС 1 и других элементов АСУПЗ исчезает. Соответственно этому исчезает напряжение на катодах блока 16 подпора выходного напряжения аккумуляторной станции (напряжение на выходе блока 15 питания на 1,5-2,0 В превышает напряжение аккумуляторной станции 13). Диоды данного блока переходят в открытое состояние и напряжение с аккумуляторной станции 13 поступает на АПС 1, блок 5 управления и электроприводы привязи и ворот.

АСУПЗ имеет следующие режимы работы: дежурный режим; режим подачи сигналов на начало и завершение моционов; режим обнаружения пожара и подачи соответствующих сигналов (звукового) и команд (на перевод привязи в положение «Отвязано» и открывание ворот); режим технического обслуживания; режим ремонта; режим нахождения в состоянии «отказ».

Для повышения эффективности функционирования системы звуковые сигналы по громкости должны превышать не только обычный технологический шум в помещениях, но и шумы, возникающие при пожаре. С целью возможного снижения стрессового состояния у животных при эвакуации предусматривается особый режим нарастания громкости подачи сигнала с 60 дБ до 100 дБ в течение 10 с, далее – без изменений интенсивности звука в течение 5 минут.

Внедрение предлагаемой привязи и системы пожарозащиты

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Манило И.И. Автоматическая групповая привязь для животных: инф. листок о научн.-техн. достижении / сост. Манило И.И. // Курганский ЦНТИ. 1989. № 89-14.
2. Ермаков Н.А. Автоматическая привязь для крупного рогатого скота / Н.А. Ермаков, И.И. Манило, Э.И. Иванов и др. // «Уральские нивы». – Свердловск. – 1986. – №7. – С.50-52.
3. Манило И.И. Автоматическая привязь как элемент сохранения функционального состояния и повышения продуктивности животных, улучшения здоровья работников / И.И. Манило, Н.П. Смоленцева // Состояние окружающей среды и здоровье населения: Материалы III Всерос. научн.-практ. конф. – Курган: Курганский гос. ун-т, 2011. – С.161.
4. Манило И.И. Групповая автоматическая привязь как мера безопасности при уходе за животными / И.И. Манило, Н.П. Смоленцева // Материалы междунар. научн.-

практ. конф.: Аграрная наука-основа инновационного развития АПК). – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2011. – В 2-х т. – Т.2 – С.404-407.

5. А.с. 1287804 (СССР), МКИ7 А01К 1/06. Привязь для животных / Э.И. Иванов, Н.А. Ермаков, И.И. Манило; заявители авторы. – От 12.05.1985. Опубл. 07.02.1987, Бюл. № 5.

6. А.с. 1662450 (СССР), МКИ7 А01К 1/06. Привязь для животных / И.И. Манило, Э.И. Иванов, Н.А. Ермаков; заявители ГПИ «Гипроавтоагрегат» и Курганский ОС ВОИР. – От 12.06.1989. Опубл. 15.07.1991, Бюл. № 26.

УДК 621.178

И. И. Манило^{}, В. И. Зыков^{**}, В. П. Воинков^{*}, В. П. Чистяков^{*}*

^{*}ФГОУ ВО Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева

^{**}ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОХРАННО-ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ (АСОПС «КГСХА-АГПС»)

Показаны преимущества и недостатки автоматизированных систем охранной и пожарной сигнализации (АСОПС), при создании которых применяются радиально-лучевая и кольцевая топологии подключения ручных пожарных извещателей (РПИ) к центральному пульту управления (ЦПУ). Обоснована целесообразность применения кольцевой топологии подключения РПИ к центральному пульту управления. Решена технико-экономическая задача сокращения протяженности кабельных линий (первичных шлейфов) в несколько (десятки и более) раз.

Ключевые слова: автоматизированные системы охранной и пожарной сигнализации (АСОПС); радиально-лучевая структура построения АСОПС; кольцевая топология построения АСОПС; ручные пожарные извещатели; линии связи (шлейфы); коммутаторы; формирователи сигналов; переключатели.

I. I. Manilo, V. I. Zykov, V. P. Voinkov, V. P. Chistyakov

AUTOMATED FIRE-FIGHTING SYSTEM (BURGLAR AND FIRE) ALARM

The advantages and disadvantages of automated systems security and fire alarm systems, the creation of which used the radial-radial and ring topology connection manual fire detectors (MFD) to the Central control unit. The expediency of application of the ring topology connect the MFD to the Central control panel. Solved the problem of reducing the length of the cable lines (primary loops) in a few (tens or more) times. Such scientific and

technical solution provides a relatively low cost of installation and maintenance of alarm systems by reducing the total length of strips on the subject of the economy.

Keywords: automated systems security and fire alarm systems (ASSFAS); radial-beam structure of ASSFAS; ring topology build ASSFAS; manual fire alarms; communication lines (cables); switches; signal conditioning; switches.

До настоящего времени находящиеся в эксплуатации системы охранной и пожарной сигнализации, как отечественные, так и зарубежные, имеют радиально-лучевую структуру построения [1, 2, 3]. По мнению автора [2], такое научно-техническое решение оправдано «простой схемно-технической реализацией, обеспечивающей однозначность расшифровки вида и адреса тревожного сообщения, а также надежностью, достигаемой независимой обработкой сигналов, поступающих из каждого шлейфа».

Согласно данному техническому подходу ряд серийно выпускаемых отечественных приемно-контрольных приборов, как правило, имеют жесткую структуру, работают лишь с радиальными шлейфами и с неадресуемыми пожарными извещателями.

Безусловно, радиально-лучевая структура построения системы охранно-пожарной сигнализации более надежна, однако требует большого количества проводов (длины шлейфов), что повышает стоимость информационной сети в целом.

Значительного сокращения протяженности кабельных линий (первичных шлейфов) в несколько (десятки и более) раз можно достичь за счет применения кольцевой топологии, т.е. кольцевой конфигурации подключения (последовательного подключения) периферийных датчиков (извещателей) с индивидуальной адресацией их в пределах группы (оптимальный вариант 6 извещателей в одной группе).

Рассмотрим вариант схемного решения АСОПС, когда в случае визуального обнаружения на территории защищаемого объекта задымленности, возгорания, пожара, взрыва, несанкционированного проникновения человека и др. подача сигнала тревоги (установленного соответствующим режимом на объекте, например о необходимости эвакуации людей из защищаемого помещения при аварийной утечке газа, способной создать взрывоопасную ситуацию) осуществляется вручную посредством пультов РПИ [4].

При работе элементов (подсистем и т.п.) контролируемого объекта в штатном режиме (нормальных эксплуатационных условиях на объекте) система АСОПС находится в состоянии постоянного контроля функциональных блоков и шлейфов.

При обнаружении на территории защищаемого объекта отклонений от нормы (задымленности, возгорания, пожара, взрыва, несанкционированного проникновения человека и др.) персонал (визуально обнаруживший это отклонение) разбивает стекло на лицевой панели РПИ и нажимает кнопку, которая механически фиксируется в нажатом состоянии, или включает переключатель (тумб-

лер), соответствующий виду возникшей нештатной (или чрезвычайной) ситуации (ВНС). При поступлении сигнала (информации о замыкании контактов на РПИ) на табло (экране монитора) ЦПУ появляется информация о виде, месте и времени возникновения нештатной ситуации.

При необходимости информация от ЦПУ по модему может передаваться в пожарную часть, службу охраны и т.д., а также использоваться для включения звуковых сирен, информационных табло, указывающих пути эвакуации и др.

Одним из существенных (вышеуказанных) недостатков существующих АСОПС является, прежде всего, возрастание материальных затрат при наращивании количества РПИ, так как каждый из РПИ соединяется с ЦПУ автономным кабелем, т.е. опрос РПИ производится по радиальным линиям [1, 2, 3, 4].

В результате научно-технического сотрудничества кафедр «Пожарная и производственная безопасность» Курганской ГСХА и «Специальная электротехника, автоматизированные системы и связь» АГПС МЧС России (г. Москва) разработана АСОПС «КГСХА-АГПС», структурная схема одного из вариантов которой с кольцевой конфигурацией подключения РПИ и свободной от указанных недостатков, приведена на рисунке.

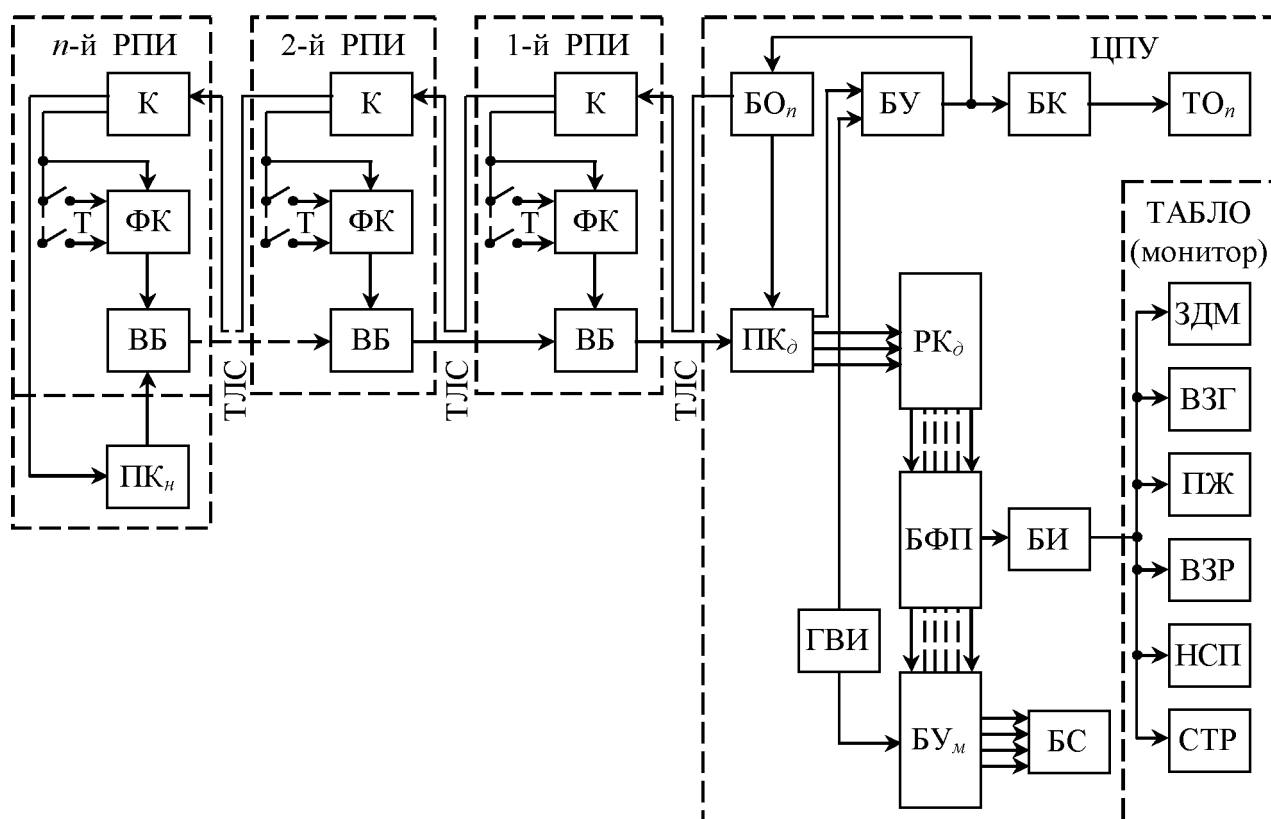
В предлагаемой АСОПС ручной пожарный извещатель включает в себя коммутатор К, формирователь ФК, переключатель (типа тумблера) Т и блок ВБ. Такое исполнение РПИ позволяет использовать в качестве линии (связи) передачи информации выделенную телефонную пару проводов абонентского телефона и передавать информацию на значительное расстояние при высокой достоверности. Все РПИ соединены с ЦПУ двухпроводной телефонной линией связи (ТЛС).

Формирователь ФК выполнен с количеством входов, равным $1 + m$, причем первый вход соединен непосредственно с коммутатором К, а остальные m входов – через переключатель Т.

Распределитель РК_д состоит из n групп коммутирующих ячеек, каждая группа – из $1 + m$ ячеек. Одноименные ячейки всех групп, соединенные последовательно, составляют регистры.

При возникновении любого из вышеуказанных шести видов нештатной ситуации на объекте работник (рабочий, мастер и т.д.) включает на РПИ соответствующий переключатель Т для подачи сигнала, который поступает на ЦПУ.

Следует отметить, что РПИ, применяемые в предлагаемой АСОПС, несколько сложнее РПИ, используемых при радиально-лучевой структуре построения системы охранно-пожарной сигнализации. Однако выполнение РПИ, как и всех остальных блоков системы, например, на элементах феррит-ферритовой логики, не представляет особых затруднений и отличается сравнительно низкой стоимостью и позволяет получить значительное сокращение затрат за счет сокращения общей протяженности шлейфов, по сравнению с радиально-лучевой структурой построения АСОПС.



К – коммутатор; ФК – формирователь кода; Т – переключатель;
 ВБ – выходной блок; ПК_n – пульт контроля; ПК_д – преобразователь кодов;
 ТЛС – телефонная линия связи; БО_n – блок опроса; БУ – блок управления;
 БК – блок контроля; ТО_n – табло опроса; РК_д – распределитель кодов;
 БФП – блок фиксации простоев; БИ – блок индикации; БУ_м – блок умножения;
 БС – блок счетчиков; ГВИ – генератор временных импульсов; РПИ – ручной
 пожарный извещатель; ЗДМ – «ЗАДЫМЛЕННОСТЬ»; ВЗГ – «ВОЗГОРАНИЕ»;
 ПЖ – «ПОЖАР»; ВЗР – «ВЗРЫВ»; НСП – «НЕСАНКЦИОНИРОВАННОЕ
 ПРОНИКНОВЕНИЕ»; СТР – «СИГНАЛ ТРЕВОГИ»

Рисунок. Структурная схема АСОПС «КГСХА-АГПС»

Отдельные научно-технические решения, составляющие основу разработанной и рассмотренной выше АСОПС, защищены авторскими свидетельствами СССР на изобретения (а.с. № 760142 и № 842883), а также использован ряд других приоритетных публикаций авторов [5,6], касающихся кольцевой топологии соединения периферийных датчиков первичной информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.4.009-83*. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.
2. Собурь С.В. Установки пожарной сигнализации: Справочник. – М.: Спецтехника, 2001.-312 с. (Серия «Пожарная безопасность предприятия»).

3. *Манило И.И.* Приемно-контрольный прибор охранно-пожарной сигнализации / И.И.Манило, А.Н.Куприянов, С.А.Лац и др. // Аграрная наука – основа инновационного развития АПК: материалы междунар. научн.-практ. конф. – Курган: КГСХА, 2011. – В 2-х т. – Т.2. – С.408-412.

4. НПБ 70-98. Извещатели пожарные ручные. Общие технические требования. Методы испытаний.

5. *Манило И.И.* Автоматизированная система пожарной (пожарно-охранной) сигнализации / И.И.Манило. // Аграрная наука – основа инновационного развития АПК: материалы междунар. научн.-практ. конф. – Курган: КГСХА, 2011. – В 2- т. – Т.1. – С. 396-404.

6. *Манило И.И.* Усовершенствованная автоматизированная система пожарной (охранно-пожарной) сигнализации / И.И.Манило, В.И.Зыков // Стратегия инновационного развития агропромышленного комплекса: материалы междунар. научн.–практ. конф. – Курган: КГСХА, 2013. – С.519-525.

УДК 539.319:620

И. И. Манило^{}, В. И. Зыков^{**}, В. П. Воинков^{*}, В. П. Чистяков^{*},
К. С. Кондратов^{***}, Ю. С. Русаков^{*** 54}*

^{*} ФГБОУ ВО Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева

^{**} ФГБОУ ВО Академия государственной противопожарной службы МЧС России

^{***} Главное управление МЧС России по Курганской области

УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРВОПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕШТАТНОЙ СИТУАЦИИ НА ОБЪЕКТЕ КОНТРОЛЯ

На небольших объектах экономики приемно-контрольные приборы (пульта) охранно-пожарной сигнализации и управления, к которым подключены датчики контроля технологического процесса, работают автономно. При этом в ряде случаев необходимо знать первопричину (участок) возникновения нештатной ситуации.

Ключевые слова: контроль отклонения параметров; обнаружение нештатной ситуации; датчики контроля; приемно-контрольные приборы.

I. I. Manilo, V. I. Zykov, V. P. Voinkov, V. P. Chistyakov, K. S. Kondratov, Y. S. Rusakov

DEVICE FOR AUTOMATICALLY DETERMINING THE ROOT CAUSE OF AN EMERGENCY SITUATION ON THE TEST OBJECT

On a small economic entities receiving-control instruments (consoles) fire alarm and control, which is connected to the control sensors of technological process, are working off-line. While in some cases it is necessary to know the root cause (area) of an emergency situation.

Keywords: The control deviations of the parameters; detecting emergency situations; sensors; receiving-control instruments.

В целях обеспечения надежной и безопасной эксплуатации техники и оборудования на объектах повышенной пожаровзрывоопасности необходимо осуществлять не только контроль отклонения параметров технологических процессов от заданных величин (в результате чего может возникнуть пожаровзрывоопасная ситуация), но и приоритет возникновения причины, вызвавшей такое отклонение (изменение температуры и давления, прекращение поступления газа и/или воды и др.).

В процессе научно-технического сотрудничества кафедры «Пожарная и производственная безопасность» Курганской государственной сельскохозяйственной академии имени Т. С. Мальцева и кафедры «Специальная электротехника, автоматизированные системы и связь» Академии государственной противопожарной службы МЧС России (г. Москва) проведены работы по разработке устройств автоматизированного контроля за появлением отклонений параметров технологических процессов на основе отслеживания состояния контактов датчиков контроля, имеющих замыкающиеся контакты при срабатывании. Для этого использовался ранее разработанный и примененный в различных отраслях прибор для сигнализации, который был доработан для целей автоматизированного контроля замыкания контактов датчиков при отклонении параметров технологических процессов [1, 2, 3].

Принципиальная электрическая схема устройства приведена на рис. 1.

В исходном состоянии все контролируемые контакты 20 датчиков контроля технологического процесса находятся в разомкнутом состоянии. Соответственно тиристоры 15 закрыты, сигнальные лампы 10 погашены, звуковой сигнализатор 1 отключен.

При отклонении параметра технологического процесса на контролируемом агрегате, например, первого датчика, контролируемого первым каскадом (ячейкой) рассматриваемого устройства контакт 20 замыкается. Это вызывает протекание электрических токов по трем основным цепям. Первая цепь: положительный полюс питающего напряжения – контактный датчик 20 – сигнальная лампа 10 – диод 13 – стабилитрон 19 – прерыватель питания 18 – отрицательный полюс питающего напряжения; вторая: положительный полюс питающего напряжения – контактный датчик 20 – конденсатор 11 (резистор 12) – ди-

Учитывая это обстоятельство, емкость конденсаторов каждой RC -цепочки индивидуальной сигнальной ячейки выбирается такой величины, чтобы в момент размыкания контакта 4 зарядный ток конденсатора стал меньше тока отпирания тиристора 15.

При включении последующих контактных датчиков 20, импульс тока, протекающий через резистор 17 и управляющий электрод тиристора 15 отпирает тиристор, поскольку шунтирующая его цепь разорвана контактом 4.

Надежность открывания тиристора 15 обеспечивается и в те моменты времени, когда контакт прерывателя 18 замкнут, так как на аноде тиристора присутствует напряжение, равное сумме двух напряжений: падению напряжения на диоде 13 и напряжению стабилизации стабилитрона 19. Ток стабилизации протекает по цепи: положительный полюс питающего напряжения – контактный датчик 20 – сигнальная лампа 10 – диод 13 – стабилитрон 19 – прерыватель 18 – отрицательный полюс питающего напряжения.

Сигнальная лампа 10 загорается ровным светом, так как открытый тиристор 15 шунтирует питание лампы от отрицательного полюса питающего напряжения через прерыватель 18. Надежность шунтирования повышается еще и тем, что на катоде тиристора напряжение по абсолютной величине больше напряжения на катоде диода 13 на величину напряжения на стабилитроне 19.

Таким образом, питание сигнальной лампы от первого появившегося сигнала осуществляется при закрытом тиристоре 15 через диод 13 и прерыватель 18 питания, а питание сигнальных ламп 10 от всех последующих сигналов – при открытом тиристоре 15. Лампа первого сигнала горит мигающим светом, а лампы всех последующих ровным.

Съем звукового сигнала производится кнопкой съема 5, разрывающей цепь питания тиристора 6, после чего тиристор восстанавливает свои запирающие свойства и отключает звуковой сигнализатор. Сигнальная лампа первого сигнала продолжает гореть мигающим светом, а лампы последующих сигналов ровным.

Для проверки сигнальных ламп 10 нажимают кнопку проверки 21. При этом через все сигнальные лампы начинает течь ток по цепям: положительный полюс питающего напряжения – контакты кнопки 21 – диод 14 – сигнальная лампа 10 – диод 13 – стабилитрон 19 – прерыватель питания 18 – отрицательный полюс питающего напряжения. Все лампы горят мигающим светом с частотой срабатывания прерывателя.

Экспериментальный образец разработанного прибора показан на рис. 2 и рис. 3.

В настоящее время осуществляется работа по совершенствованию прибора с использованием современной элементной базы (линейные и цифровые интегральные микросхемы).

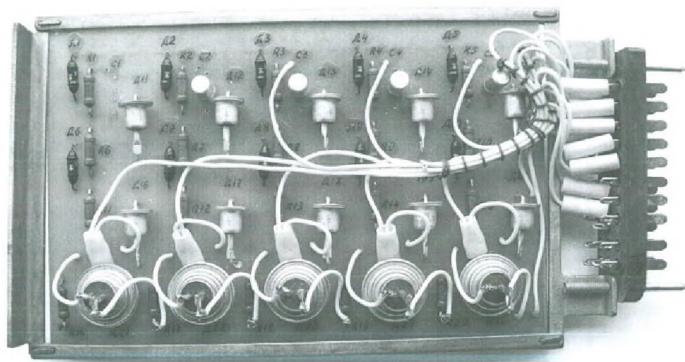


Рис. 2. Плата контроля состояния контактов
пяти датчиков

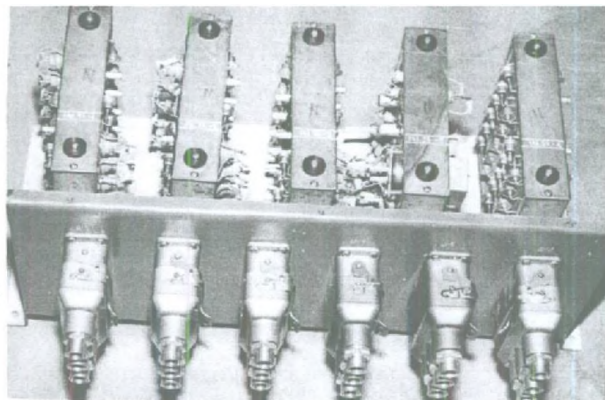


Рис. 3. Приемно-контрольный
прибор сигнализации о замыкании
контактов датчиков контроля
на 25 каналов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 970414 (СССР), МКИ⁷ G 08 В 25/00. Устройство для сигнализации / В.А. Дуплянкин, И.И. Манило; заявитель Курганский ЭКТИ автопром. – От 14.04.1981. Оpubл. 30.10.1982, Бюл. № 40.

УДК 658.382

И. И. Манило^{}, В. И. Зыков^{**}, В. П. Воинков^{*}, В. П. Чистяков^{*},
К. С. Кондратов^{***}, Ю. С. Русаков^{***}*

^{*}ФГБОУ ВО Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева

^{**}ФГБОУ ВО Академия государственной противопожарной службы МЧС России

^{***}Главное управление МЧС России по Курганской области

УСТРОЙСТВО ДЛЯ УЧЕТА ВРЕМЕНИ РАБОТЫ СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ФУНКЦИЯМИ ПОЖАРОЗАЩИТЫ ОБЪЕКТА ПРОИЗВОДСТВА

При ремонте техники и технологического оборудования с применением сварки нередко происходит нарушение технологического процесса. В частности, происходит случайно или умышленно делается замыкание вторичной цепи сварочного аппарата. При этом возникают пожароопасные ситуации. Показано устройство, обеспечи-

вающее автоматическое отключение сварочного аппарата при случайном или умышленном замыкании его вторичной цепи.

Ключевые слова: измерение активного времени работы электросварочного оборудования; случайное или умышленное замыкание вторичной цепи сварочного аппарата; сварочный трансформатор.

*I. I. Manilo, V. I. Zykov, V. P. Voinkov, V. P. Chistyakov, K. S. Kondratov,
Y. S. Rusakov*

DEVICE FOR APPLICATION OF WELDING EQUIPMENT WITH FEATURES OF FIRE PROTECTION OBJECT PRODUCTION

In the repair of machinery and technological equipment with application of welding often is a violation of the technological process. In particular, is accidentally or deliberately shorted secondary circuit of the welding machine. This raises fire hazard. Shows the device providing automatic disconnection of the welding apparatus when the accidental or deliberate closure of its secondary circuit.

Keywords: Measurement of active time of operation of electric welding equipment; accidental or intentional short circuit the secondary circuit of the welding machine; welding transformer.

При ремонте пожарной и специальной техники, сельскохозяйственной техники и технологического оборудования перерабатывающих отраслей агропромышленного комплекса (АПК) на ремонтно-технических предприятиях широко применяется сварка (до 80% ремонтных работ в отраслях АПК выполняется с применением сварки). Многолетний опыт работы по разработке и внедрению устройств контроля работы сварочного оборудования и анализ эффективности применения сварки при осуществлении таких работ показывает, что нередко происходит случайное или умышленное замыкание вторичной цепи сварочного оборудования [1-4]. В частности, при управлении в ручном режиме работой сварочного оборудования, при ремонте крупногабаритных узлов (кабин, кузовов, шасси и т.п.) рабочими-сварщиками (нередко, когда оплата связана с показателями наработки оборудования) грубо нарушается технологический процесс сварки – делается умышленное замыкание вторичной цепи сварочного аппарата (длительное время замыкания участка цепи электрод-деталь значительно превышает отведенное по технологической операции). При этом не только искажаются данные в системе контроля и учета работы электрических сварочных машин, но и создаются пожароопасные ситуации [5, 6].

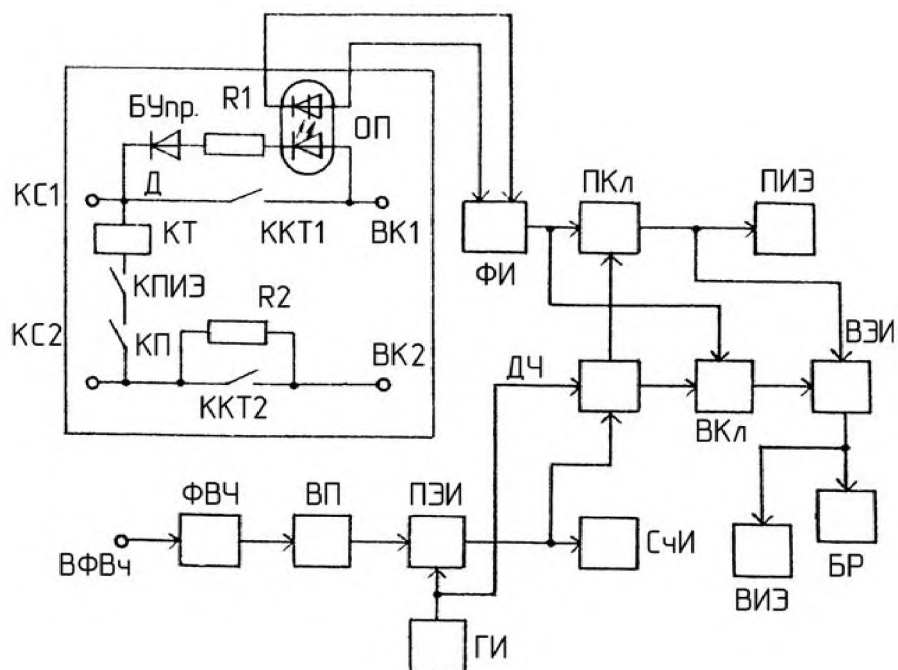
Автоматическое измерение суммарного значения активного времени работы электросварочного оборудования и его отключение при случайном или умышленном замыкании вторичной цепи сварочного аппарата позволяет осуществить устройство, блок-схема которого приведена на рисунке 1.

Устройство работает следующим образом. Перед началом работы пусковой кнопкой включается пускатель, контакты КП которого замыкаются. Затем при замыкании электродом вторичной цепи сварочного аппарата в первичной цепи ток увеличивается и срабатывает оптрон (оптопара) ОП, выходным импульсом которого запускается формирователь импульсов ФИ. Последний опрокидывает первый ключ ПКл и подтверждает исходное состояние второго ключа ВКл. При этом срабатывает (включается) реле первого исполнительного элемента ПИЭ, контакты КПИЭ которого замыкаются. Срабатывает контактор КТ и его контакты ККТ1 и ККТ2 замыкаются. Сварочный агрегат готов к работе.

В процессе сварки при соприкосновении электрода и детали (на рисунке не показаны) во вторичной цепи трансформатора сварочного аппарата появляется переменное напряжение с широким спектром частот (гармоник), которое поступает на вход ВФВч фильтра высоких частот ФВЧ. С выхода последнего переменное напряжение через выпрямитель ВП поступает на первый вход первого элемента И (ПЭИ). На второй вход этого же элемента ПЭИ с генератора импульсов ГИ непрерывно поступают импульсы стабильной частоты. В результате с выхода первого элемента ПЭИ эти импульсы (т.е. импульсы стабильной частоты) поступают на счетчик СчИ и, таким образом, происходит интегрирование активного времени работы сварочного аппарата. При этом требуемая точность учета времени работы последнего задается частотой импульсов, поступающих с генератора импульсов ГИ.

После прекращения соприкосновения электрода и детали, то есть после размыкания вторичной цепи сварочного аппарата, сигналы с выпрямителя ВП на первый вход первого элемента ПЭИ не поступают, соответственно с этим на счетчик СчИ суммарного времени временные импульсы с генератора импульсов ГИ не поступают.

Фильтр высоких частот ФВЧ не пропускает частоту 50 Гц и её вторую гармонику. В результате этого счет суммарного времени при умышленном замыкании вторичной цепи сварочного аппарата (в частности, при замыкании участка цепи электрод-деталь на длительное время, значительно превышающее необходимое по технологическому процессу) исключается. В частности, при случайном или умышленном замыкании вторичной цепи импульсы с генератора ГИ поступают на счетный вход делителя частоты ДЧ, который по первому выходу настроен на максимально допустимую технологическую паузу. Если процесс сварки (являющийся периодически повторяющимся процессом) и паузы между возникновением сварочной дуги не превышают времени, отведенного на максимально допустимую технологическую паузу и определяемого делителем частоты ДЧ, то последний (т.е. ДЧ), не успев заполниться, сбрасывается в исходное состояние выходными импульсами с первого элемента ПЭИ.



ФВЧ – фильтр высоких частот; ВП – выпрямитель; ПЭИ – первый элемент И; ГИ – генератор импульсов; СЧИ – счетчик импульсов; ДЧ – делитель частоты; ПКл – первый ключ; ПИЭ – первый исполнительный элемент; ФИ – формирователь импульсов; БУпр. – блок управления; ОП – оптрон (оптопара); R1 – первый резистор; Д – диод; КТ – контактор; КПИЭ – контакты реле первого исполнительного элемента; КП – контакты пускателя; R2 – второй резистор; ККТ1, ККТ2 – контакты контактора КТ; КС1, КС2 – клеммы подключения сварочного аппарата к сети; ВК1, ВК2 – выходные клеммы, подключаемые к первичной обмотке сварочного аппарата; ВФВЧ – вход ФВЧ; ВКл – второй ключ; ВЭИ – второй элемент И; БР – блок регистрации; ВИЭ – второй исполнительный элемент

Рис. 1. Устройство автоматического учета времени работы сварочного аппарата с функциями пожарозащиты

Если же перерыв в работе сварочного аппарата превысит время, отведенное на допустимую (заданную, например, технологом) технологическую нагрузку, что делитель частоты ДЧ заполнится по первому выходу импульсами с генератора ГИ и его (т.е. Дч) импульсом опрокинется в исходное состояние первый ключ ПКл. Реле первого исполнительного элемента ПИЭ своими контактами КПИЭ разрывает цепь питания контактора КТ, который размыкает контакты ККТ1 и ККТ2. При этом напряжение на первичной обмотке трансформатора, подключенной к выходным клеммам ВК1 и ВК2, ограничено падением напряжения на электрической цепи, состоящей из последовательно соединенных диода Д, первого резистора R1, оптрона ОП и второго резистора R2.

При умышленном или случайном замыкании вторичной цепи аппарата работа схемы почти аналогична работе при холостом ходе. Однако, так как вторичная цепь замкнута, то при размыкании контактов ККТ1 и ККТ2 контактора КТ срабатывает (включается) светодиод оптрона ОП, выходным импульсом которого (от засветившегося фотодиода) запускается формирователь импульсов ФИ, который своим выходным импульсом подтвердит исходное состояние второго ключа ВКл и опрокинет первый ключ ПКл. Выходным напряжением последнего (т.е. ПКл) включается реле первого исполнительного элемента ПИЭ и подготавливается второй вход второго элемента И (ВЭИ). Делитель частоты ДЧ продолжает заполняться, и при полном заполнении с его второго выхода снимается импульс, который опрокидывает второй ключ ВКл, выходное напряжение которого поступает на первый вход элемента И (ВЭИ). С выхода этого элемента снимается напряжение, которое поступает на вход второго исполнительного элемента ВИЭ и на вход блока регистрации БР, фиксирующего количество нарушений режима сварки и сигнализирующего о возникновении аварийной ситуации. В это же время срабатывает реле второго исполнительного элемента ВИЭ, который разрывает свои контакты в цепи пускателя (не показаны на рисунке), контакты КП которого размыкаются. Контакт КТ размыкает свои контакты ККТ1 и ККТ2. После этого момента автоматическое включение аппарата в работу (соприкосновением электрода и детали) осуществить невозможно. Сварочный аппарат будет готов к работе только после включения пускателя пусковой кнопкой, чему предшествует ликвидация аварийной ситуации, вызванной случайным или умышленным замыканием вторичной цепи сварочного трансформатора.

Устройство позволяет фиксировать факты нарушения режима сварки и отключать аппарат от питающей электрической сети при возникновении аварийных ситуаций, что повышает пожарную безопасность при эксплуатации аппарата (снижает риски возникновения возгораний на рабочем месте сварщика).

Описанное устройство было использовано для автоматического учета времени работы сварочного оборудования и количества изготовленных (восстановленных с применением сварки) деталей при ремонте пожарных автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных машин и оборудования.

В случае применения на ремонтно-технических предприятиях нескольких одновременно используемых сварочных аппаратов (сварочных постов) возникает необходимость выявления того рабочего места, где произошло случайное или умышленное замыкание вторичной цепи. Для этих целей могут быть применены: автономный приемно-контрольный прибор охранно-пожарной сигнализации [7]; устройство для определения первопричины возникновения нештатной ситуации в системе охранно-пожарной сигнализации [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 723630 (СССР) МКИ⁷ G07 C3/10. Устройство для учета времени работы сварочного аппарата / П.П.Иванов, И.И.Благинин, И.И.Манило (СССР). – Оpubл. 25.03.1980, Бюл. №11.
2. А.с. 796879 (СССР) МКИ⁷ G07 C3/10. Устройство для учета времени работы сварочного аппарата / П.П. Иванов, И.И. Манило, И.И. Благинин (СССР). – Оpubл. 15.01.1981, Бюл. №2.
3. А.с. 875412 (СССР) МКИ⁷ G07 C3/10. Устройство для учета времени работы сварочного аппарата / П.П.Иванов, И.И.Благинин, И.И. Манило (СССР). – Оpubл. 23.10.1981, Бюл. №39.
4. А.с. 892456 (СССР) МКИ⁷ G07 C3/10. Устройство для учета времени работы сварочного аппарата / П.П.Иванов, И.И.Благинин, И.И.Манило (СССР). – Оpubл. 23.12.1981, Бюл. №47.
5. *Ломоносов Ю.Н., Манило И.И.* Устройство автоматического учета времени работы сварочного оборудования: Информ. листок о научн.-техн. достижении / сост. Ю.Н. Ломоносов, И.И. Манило. – Курганский ЦНТИ. – 1994. – № 94-5.
6. *Манило И.И.* Автоматический учет времени работы сварочного оборудования при ремонте сельскохозяйственной техники / И.И.Манило и др. // Достижения науки в реализацию национального проекта «Развитие АПК»: материалы международной научно- практической конференции – Курган: КГСХА, 2006. – В 3-х т. – Т.3. – С. 132-134.
7. *Манило И.И.* Повышение безопасности сварочного производства при ремонте сельскохозяйственной техники на основе учета активного времени работы сварочного оборудования / И.И.Манило, В.И. Зыков., В.П. Воинков и др. Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии: сборник материалов VI научно-практической конференции / под ред. проф. А.И.Сидорова. – Челябинск: ЮУрГУ, 2015. – В 3-х т. – Т.1. – С. 180-183.
8. *Манило И.И.* Устройство для определения первопричины возникновения нештатной ситуации в системе охранно-пожарной сигнализации / И.И. Манило, В.И. Зыков, В.П. Воинков и др. // Экология. Риск. Безопасность: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Курган: Курганский государственный университет, 2015. – С. 78-84.

УДК УДК 677.027.

Е. В. Меленчук

Группа Компаний «Нордтекс» «ОСП Родники – Текстиль»

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОСТОЙКИХ АРАМИДНЫХ ТКАНЕЙ ДЛЯ КОСТЮМОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В данной статье рассмотрены перспективы использования тканей различного волокнистого состава для изготовления костюмов специального назначения. Описаны проблемы, связанные с применением арамидных тканей для изготовления костюмов корпоративной одежды с функциональными свойствами.

Ключевые слова: ткани для корпоративной одежды, защита работников в производственных условиях, термоогнестойкость, арамидные текстильные материалы, колорирование, спецодежда с функциональными свойствами.

E. V. Melenchuk

PERSPECTIVES OF USING HEAT-RESISTANT ARAMID FABRICS FOR SPECIAL COSTUMES

This article discusses the prospects for the use of fabrics of different fibrous composition for the manufacture of costumes for special purposes. Describes the problems associated with the use of aramid fabric for making costumes corporate clothing with functional properties.

Keywords: fabric for corporate clothing, protection of workers in the conditions of production, thermogenetics, aramid textiles, coloring aramid textiles, clothing with functional properties.

Обеспечение безопасности работников в производстве, на сегодняшний день является актуальной проблемой, необходимость решения которой напрямую связана с разработкой и внедрением функциональной и эстетичной специальной одеждой. Корпоративная спецодежда должна обеспечивать не только многофункциональную защиту работников в производственных условиях, но и выполнять имиджевую функцию, продвижения корпоративного стиля компании [1].

Крупнейшими потребителями корпоративной спецодежды являются предприятия топливно-энергетического комплекса промышленности, металлургического сектора, а также предприятия железнодорожного транспорта и

строительства. Ассортимент тканей для пошива костюмов защитной корпоративной одежды обширен, но для каждого потребителя необходимо соблюдение определенных требований. В частности, для предприятий металлургического комплекса спецодежда в первую очередь должна обеспечивать безопасность от открытого пламени, тепловых воздействий, а также от брызг раскаленного металла. Для работников осуществляющих электромонтажные мероприятия важна защита от электрического тока и действия электрической дуги, а для работников нефтегазового сектора спецодежда необходима с нефте-, масло-, водоотталкивающими функциями [2-4].

В мировой практике для пошива костюмов специального назначения в основном используются брезентовые ткани, спилок, шерстяное сукно, хлопковые ткани с огнезащитными пропитками, а также ткани из термостойких арамидных волокон и с алюминизированным покрытием. Преимуществом тканей из натуральных волокон (хлопок, шерсть) являются гигиенические свойства, а также хорошая скатываемость расплавленного металла, но высокие температуры расплава железа или стали (1400–1500 °С) могут воспламенить одежду из таких материалов (хлопок способен к самовозгоранию, температура его воспламенения 300°С) [5]. Преимуществом тканей из негорючих синтетических материалов (асбест, арамиды и стекловолокно) является устойчивость к повышенным температурам (не плавятся, разрушение волокон начинается при температуре около 500°С, ткань не тлеет и не воспламеняется), но на таких тканях капли расплавленного металла налипают, сводя эффект защиты к минимуму. Негорючесть и отталкивающие металл свойства для большинства волокон являются взаимоисключающими [6].

Универсальных текстильных материалов с комплексом защитных свойств не существует, поэтому от требований к конечному продукту подбирается текстильный материал, и проводятся необходимые модификации, для придания особых функциональных свойств (огнестойкость, нефте-, масло-, водостойкость, антистатичность и тд.). Так, спецодежду, предназначенную для защиты от действия искр и брызг расплавленного металла допускается выпускать из кожевенного спилока, термостойких тканей, натуральных волокон с огнестойкими пропитками, либо накладками из термостойких сверхпрочных арамидных тканей [7].

Для изготовления костюмов для металлургов для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты, выплесков расплавленного металла, контакта с нагретыми поверхностями, кратковременного воздействия пламени материалы не должны гореть, или плавиться при температуре (180±5)°С), то допускается выпускать костюмы из материалов термостойких (метаарамидных или смеси мета- и пара- арамидных) с дополнительным тефлоновым, силиконовым или металлизированным покрытием. Для костюмов электриков для защиты от термических рисков электрической дуги, повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты допускается выпускать костюмы из термостойких материалов (метаарамидных или смеси мета – и пара- арамидных с включением антистатических нитей) [8].

**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**

Одним из определяющих факторов выбора ткани для специальной одежды металлургического и нефтедобывающего комплекса является огнестойкость. Некоторые данные по показателям огнестойкости представлены в таблице [9].

Таблица. Показатели огнестойкости текстильных материалов

Волокно	Tg, °С (стеклования)	Tm, °С (плавления)	Tс, °С (самовоспламенения)	КИ, % (кислородный индекс)
Шерсть	-	-	600	25
Хлопок	-	-	300	18,4
Полиэфир	80-90	260	500	20
Арамид	270-350	400-500	-	30-33

На основе анализа данных о производстве продукции текстильной промышленности технического назначения отмечается тенденция к увеличению выпуска, расширению ассортимента и областей использования высокопрочных, термоогнестойких волокнистых материалов технического и бытового назначения [10,11]. Основную долю в ассортименте применяемых для изготовления текстильных изделий из термо-, огнестойких нитей и волокон занимают арамидные волокна (нити). В наше время выпуск арамидного волокна налажен по всему миру под самыми различными торговыми марками. Арамидные волокна одной группы (номэкс, конэкс, фенилон) используют там, где необходима стойкость к пламени и термическим воздействиям, вторая группа (кевлар, терлон, аренка) [12] имеет высокую механическую прочность в сочетании с малой массой. Арамидные волокна и изделия из них отечественных производителей отличаются устойчивостью к действию большинства химикатов и компонентов твердого ракетного топлива, био- и маслостойки, сохраняют эластичность при низких температурах, хорошо сочетаются с различными типами связующих. На сегодняшний день отечественные высокопрочные негорючие ткани конкурируют с импортными тканями, но не получают пока широкого распространения из-за специфических свойств, таких как неоднородность структуры и наличие естественной цветности, что затрудняет получение окраски в целом и тем более интенсивных и равномерных окрасок широкой цветовой гаммы [13].

Важно отметить, что разработки последних лет в области технологии колорирования арамидных волокнистых материалов направлены на повышение эксплуатационных характеристик последних как с использованием известных в отделочном производстве технических средств и приемов, так и оригинальных, обеспечивающих высокую эффективность обработки партии волокнистого материала по данному назначению. Перспективы применения такого вида волокон в разных сферах потребления способствовали разработке методов крашения и отделки на всех этапах переработки арамидных материалов: от введения

красителей на стадии синтеза полимера до использования красящих веществ различной химической природы в отделочных производствах и предприятиях химической чистки и прачечных. Отечественные разработки по созданию волокон и тканей из арамида по свойствам не уступают импортным аналогам и актуальным остается решение проблем создания конкурентоспособных технологий окрашивания таких волокон и тканей, особенно в глубокие темные тона. Использование огнестойкого волокна нового поколения открывает широкие возможности для создания спецодежды, обладающей комплексом защитных свойств от высокой температуры и теплового излучения и в полной мере отвечающей предъявленным к ней требованиям, что будет способствовать поддержке экономической безопасности страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон Ивановской области «О Стратегии социально-экономического развития Ивановской области до 2020 года» от 11.03.2010 № 22-ОЗ. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://docs.kodeks.ru/document/895261031>. – Загл. с экрана.
2. *Живетин В.В.* Состояние и перспективы развития текстильной и легкой промышленности. // Промышленность России. 2008. №6.
3. ГОСТ Р ИСО 6942-2007 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).- 2007.
4. ГОСТ 11209-2014 Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний.- 2014
5. ГОСТ ISO 15025-2012 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты от тепла и пламени. Метод испытаний на ограниченное распространение пламени.-2012
6. *Дашенко Н.В.* Разработка технологии комплексной отделки арамидных волокнистых материалов : дис. ... канд. техн.х наук : 05.19.02 : защищена 27.12.2002 / Дашенко Наталья Витальевна. – СПГУТД. СПб., 2002. – 182 с. – Библиогр.: с. 165–171. – РГБ ОД, 61 03-5/2790-8.
7. *Daschenko N.V.* Thermo-resistant aramide yarns coloration with application of water-insoluble dyes / N. V. Daschenko, T. Yu. Diankova // Internat. Conf. of Chemical Fibers»Chemfibers-2000» 16 – 19 may 2000, Tver: Papers, Sect. 5, 2000 – P. 461-466.
8. *Михайловская А.П.* Изменение физико-механических характеристик арамидных волокон в процессе отделки / А. П. Михайловская, Н. В. Дашенко, Т. Ю. Дянкова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2007. - №3 (298). - С. 60-64.
9. *Петрова О.В.* Текстильные изделия специального назначения особенности производства / О.В. Петрова, Г.В. Шебан, М.И. Трехденова // Текстиль бытовой, технический, специальный. - 2003. - № 2 (4). - С. 25-27.
10. *Баскова О.Ю.* Повышение уровня потребительских свойств тканей из высокопрочных термостойких арамидных нитей / О. Ю. Баскова, Т. Ю.
11. *Баскова О.Ю., Дянкова Т.Ю., Куличенко А.В.* Повышение уровня потребительских свойств тканей из высокопрочных термостойких арамидных нитей // Вестник СПГУТД.– 2011. - № 1. – С. 27-29.

12. *Баева Н.Н.* Исследование возможности колорирования волокна терлон / Н.Н. Баева, И.К. Проникина, А.В. Волохина // Химические волокна. 1995. - № 2. – С. 21-23.

13. Пат. 2010896 Российская Федерация, МКИ D01F 1/06, D06P 3/12. Способ крашения волокна из ароматического полиамида / Баева П.Н., Проникина И.К., Садова С. Ф., Волохина А.В., Иванов Л.С., Трушин В.А. ; заявитель и патентообладатель «Автохимэкс» - Товарищество с ограниченной ответственностью. - № 5023779/05 ; заявл. 24.01.92 ; опубл. 15.04.94, Бюл. №7.

УДК 614.842.3

*А. В. Мордвинова, Д. М. Гордиенко, А. Ю. Лагозин, В. П. Некрасов,
Ю. Н. Шебеко*

ФГБУ ВНИИПО МЧС России

МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИЕ ПЛАТФОРМЫ. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ НОРМИРОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Наиболее частой причиной развития крупных аварий на морских нефтегазодобывающих платформах является возникновение пожаров и взрывов. Комплексный нормативный документ, регламентирующий требования пожарной безопасности для морских стационарных платформ в России отсутствует. Рассмотрены основные подходы к нормированию пожарной безопасности в мире. Выявлены основные проблемы нормирования пожарной безопасности морских стационарных платформ для добычи нефти и газа.

Ключевые слова: морская стационарная платформа, нефть и газ, нормативные документы, пожар, пожарный риск, пожарная безопасность, предотвращение пожара.

A. V. Mordvinova, D. M. Gordienko, A. Yu. Lagozin, V. P. Nekrasov, Yu. N. Shebeko

OFFSHORE OIL AND GAS PLATFORM. THE MAIN PROBLEMS OF FIRE SAFETY REGULATION.

The most common cause of major accidents in offshore oil and gas production facilities is the occurrence of fires and explosions. A comprehensive normative document regulating the fire safety requirements for these facilities is absent. The main approaches to fire safety regulation in the world are considered. The main problems of fire safety regulation of offshore oil and gas facilities are identified.

Keywords: offshore oil and gas platform, oil and gas, normative codes and standards, fire, fire risk, fire safety, fire prevention.

Для освоения морских месторождений на российском континентальном шельфе используются различные нефтегазодобывающие установки. Для длительной эксплуатации скважин, добычи, первичной подготовки нефти и газа наибольшее распространение получили морские стационарные платформы (МСП), которые представляют собой автономные сооружения, включающие комплекс добывающего, технологического, энергетического и вспомогательного оборудования, а также жилые модули, временные убежища, вертолетную площадку и средства обеспечения безопасного покидания платформы в критических аварийных ситуациях.

Одним из наиболее важных аспектов при проведении работ по освоению месторождений континентального шельфа является обеспечение безопасности. Аварийные ситуации, возникающие на морских установках в процессе работ по бурению, добыче, подготовке и переработке добываемой продукции, а также при транспортировке нефти и газа, могут привести к большим человеческим жертвам, потере установок, огромному экономическому и тяжелейшему экологическому ущербу. При этом, наиболее частой причиной развития крупных аварий на морских установках является возникновение пожаров и взрывов.

Пожарная опасность платформ в значительной степени обусловлена такими особенностями как удаленность от берега, концентрация технологического оборудования и жилых помещений на малой площади, трудности спасения людей в случае аварии, высокая вероятность каскадного развития аварии при реализации различных иницирующих событий, высокая пожаровзрывоопасность добываемых продуктов.

Высокая пожарная опасность нефтегазодобывающих платформ подтверждается крупномасштабными авариями, имевшими место при их эксплуатации. Аварии с пожарами и взрывами на морских нефтегазодобывающих платформах могут привести к катастрофическим последствиям, для ликвидации которых может потребоваться привлечение сил и средств на уровне одного или даже нескольких государств.

Проблема обеспечения пожарной безопасности морских платформ на российском континентальном шельфе усугубляется отсутствием в России комплексного нормативного документа, регламентирующего требования пожарной безопасности к морским нефтегазодобывающим платформам. При этом достаточность мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, регламентированных зарубежными стандартами применительно к условиям России также не вполне обоснована.

Все это вызывает необходимость детальной научной проработки проблемы обеспечения пожарной безопасности морских стационарных нефтегазодобывающих платформ, и в частности проблемы нормирования пожарной безопасности данных объектов.

В конце XX века в России проектирование, строительство и эксплуатация платформ, а также обеспечение пожарной безопасности при освоении месторождений нефти и газа на море осуществлялись на основе следующих нормативных документов [1]:

- ППБОМ-88 «Правила пожарной безопасности на объектах нефтяной промышленности континентального шельфа». Правила были разработаны институтом «Гипроморнефтегаз» в соответствии с целевой научно-технической программой по повышению безопасности труда по основным направлениям деятельности Мингазпрома на 1986-1990 гг. и согласованы ГУПО МВД СССР.

- РД 39-4700803-5-89 «Руководство по борьбе за живучесть морских стационарных платформ и плавучих буровых установок». Основной документ, определяющий организационно-технические мероприятия и порядок проведения предупредительных мероприятий на морских стационарных платформах и плавучих буровых установках, подготовку и действия персонала по борьбе за живучесть МСП и ПБУ.

Данные документы регламентировали пожарную безопасность, надежность средств и способов эвакуации персонала с платформ. Эти документы на сегодняшний день устарели и не в состоянии регламентировать на современном уровне безопасность даже морских платформ, не расположенных в арктической зоне. Что касается пожарной безопасности ледостойких морских платформ, то данные правила к ним вообще неприменимы [1].

Авторы [1] указывают на недостатки существующей в Российской Федерации нормативной базы в части обеспечения пожарной безопасности и систем эвакуации персонала МСП. К таким недостаткам относятся следующие.

Неполнота нормативной базы, когда из-за отсутствия некоторых требований пожарной безопасности, проектировщики вынуждены переносить положения нормативных документов из других отраслей промышленности, что приводит к необоснованным ограничениям передовых проектных решений и технологий, и включению в проект устаревших, не обеспечивающих на современном уровне пожарную безопасность решений.

Негармонизированность положений нормативных документов, когда российские нормативные документы, регламентирующие пожарную безопасность при разработке морских месторождений, не соответствуют сложившейся во всем мире практике регулирования безопасности в данной области, что приводит к затруднениям в сотрудничестве с иностранными нефтяными компаниями [1].

Внутренняя противоречивость положений нормативных документов, когда нормативные документы, регламентирующие различные аспекты безопасности: промышленную, пожарную защиту населения и территорий от техногенных ЧС; охрану окружающей среды и охрану труда, по-разному определяют количественные показатели риска, и по-разному трактуют их приемлемость.

Кроме того в этих документах применяется разная терминология и пожарнотехническая классификация.

Принятый раньше основной принцип к обеспечению пожарной безопасности платформ можно сформулировать следующим образом: все расчеты по обеспечению систем пожарной безопасности, мощности пожарных насосов, интенсивностей орошения и тушения делаются на самый крупный из всех возможных пожаров на платформе. Самый крупный пожар на морской платформе - это пожар открытого фонтана группы скважин. Исходя из этого подхода, платформы оснащались мощной системой орошения и водяных завес. На платформе устанавливались лафетные стволы, монтировалась мощная система автоматического водяного пожаротушения, стационарная и переносная система пенотушения, система газового пожаротушения. Все это требовало установки мощных пожарных насосов, прокладку трубопроводов, систем управления и контроля, и как следствие этого, приводило к значительному удорожанию платформ. Однако многолетний опыт показал, что фонтаны и пожары на платформах, как правило, происходят из-за нарушения технологического режима при бурении скважин и отказов систем, смонтированных для раннего обнаружения и тушения пожаров. Кроме того, из-за низкой производственной дисциплины персонала зачастую бывало, что смонтированные системы пожаротушения во время пожара не срабатывали, что и приводило к тяжелым последствиям [1].

В настоящее время в мире распространен целеориентированный подход, когда проводится анализ рисков и оцениваются последствия пожароопасных аварий, на основе результатов анализа определяются места наиболее вероятного возникновения пожара, и этот участок или агрегат обеспечивается адекватной защитой, позволяющей снизить риск до приемлемого уровня. Передовая практика морской добычи углеводородов в развитых странах закреплена в целеориентированном законодательстве, примером этого служит законодательство Англии, Норвегии, Австралии и других стран.

Следует отметить, что пожарный риск является ключевым понятием Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [2], который позволяет реализовать как предписывающий, так и целеориентированный подход.

В соответствии со статьей 6 [2] пожарная безопасность морской стационарной платформы как объекта защиты считается обеспеченной, если:

- 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;

- 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, если для МСП, как объекта защиты, Федеральными законами о технических регламентах не установлены требования пожарной безопасности, то пожарная безопасность считается обеспеченной, если пожарный риск не превышает соответствующих допустимых значений, установленных федеральным законом (статья 93 [2]).

Ниже представлен краткий обзор некоторых нормативных документов, регламентирующих требования безопасности, в том числе пожарной, к морским стационарным платформам. В последнее время одним из основных документов в Российской Федерации, регламентирующим условия обеспечения безопасности для морских стационарных платформ и плавучих буровых судов, являлись правила безопасности ПБ 08-623-03 «Правила безопасности при разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений на континентальном шельфе» [3], которые распространялись на стационарные сооружения и плавучие объекты, включая буровые суда, предназначенные для разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений на континентальном шельфе России.

Анализ указанных правил показал, что их положений недостаточно для обеспечения пожарной безопасности МСП, было обнаружено отсутствие некоторых требований пожарной безопасности, (например, к системам противопожарного водоснабжения, пожарной сигнализации и оповещению о пожаре, к системам противодымной вентиляции, системам пожаротушения и водяного орошения др.), а также выявлены некоторые несоответствия, примеры которых приведены ниже.

В Приложении 1 правил [3] в перечне законодательных актов и нормативных документов, использованных при разработке правил, отсутствуют ссылки на основополагающие нормативные документы, регламентирующие требования пожарной безопасности. Например, отсутствуют ссылки на ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» и т.д.

В действующих нормативных правовых актах и нормативных документах по пожарной безопасности назначение требований пожарной безопасности к помещениям и наружным установкам осуществляется на основании определения их категорий по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с [4]. Вместе с тем, в правилах в неполной мере учитывались требования к помещениям и наружным установкам, обусловленные той или иной их категорией по взрывопожарной и пожарной опасности.

Согласно правилам проекты на разведку, разработку и обустройство морских нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений на континентальном шельфе, на строительство скважин должны быть согласованы с органами государственного надзора. Степень риска на стадии проекта должна быть в пределах утвержденной Ростехнадзором России величины. Неясно, что в документе подразумевается под «степенью риска». При этом указанный термин в

методических указаниях Ростехнадзора [5] не используется. Следует отметить, что предельно допустимые значения риска нормативными документами Ростехнадзора не регламентируются.

Требования раздела «Эвакуация персонала» правил не соответствует требованиям свода правил [6] (например, отсутствуют требования к количеству эвакуационных выходов с этажа, здания (модуля), к высоте эвакуационных выходов и эвакуационных путей, параметрам лестниц и лестничных клеток, предназначенных для эвакуации и т.д.). Кроме того, используемая в правилах классификация пределов огнестойкости не соответствует Федеральному закону [2]. При этом в рассматриваемых правилах регламентируется огнестойкость только внешних стен жилого блока, а также стен и перекрытий отделяющих дизель-генераторы от помещений с взрывоопасными зонами. Требования к огнестойкости остальных конструкций платформ в правилах отсутствуют.

В настоящее время вышеуказанные правила отменены в связи со вступлением в силу Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности морских объектов нефтегазового комплекса» [7]. По сравнению с ранее действующими правилами [3] новые правила расширены в части требований пожарной безопасности, но вместе с тем, использование только представленных в данных правилах требований не позволит обеспечить необходимый уровень обеспечения пожарной безопасности МСП.

Правила [7] устанавливают требования промышленной безопасности обязательные для исполнения при осуществлении деятельности в области промышленной безопасности и ведении технологических процессов на опасных производственных объектах морского нефтегазового комплекса (ОПО МНГК). Согласно данным правилам проектирование и строительство ОПО МНГК в зависимости от их типа или вида осуществляются с учетом требований законодательства о градостроительной деятельности, о недрах, в области технического регулирования, промышленной и пожарной безопасности, защиты окружающей среды, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, торгового мореплавания.

Основными документами в Российской Федерации, регламентирующим обеспечение безопасности для морских стационарных платформ и плавучих буровых установок являются документы международного классификационного общества «Российский морской регистр судоходства»:

Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. НД №2-020201-013, 2014 г. [8];

Правила по нефтегазовому оборудованию морских плавучих нефтегазодобывающих комплексов, плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. НД № 2-090601-005, 2017 [9]

Правила [8] устанавливают требования, являющиеся специфичными для ПБУ и МСП и учитывают рекомендации Кодекса ИМО по конструкции и оборудованию ПБУ (2009 MODU Code), принятого Ассамблеей ИМО 2 декабря 2009г. (резолюция ИМО А.1023(26)) .

В Правилах учтены унифицированные требования и рекомендации Международной ассоциации классификационных обществ и соответствующие резолюции Международной морской организации.

Часть VI рассматриваемого нормативного документа регламентирует требования к обеспечению пожарной безопасности ПБУ и МСП. В данном разделе достаточно подробно определены требования к основным системам обеспечения пожарной безопасности, а именно:

- требования к пожарным планам (к их размещению и содержанию);
- требования к «конструктивной противопожарной защите» (к материалам, из которых изготавливаются основные элементы МСП, к пределам огнестойкости противопожарных преград, к расположению помещений, к средствам обеспечения вертолетов и др.);
- требования к «противопожарному оборудованию и системам» (системе противопожарного водоснабжения, к стационарным системам пожаротушения и др.);
- требования к системе пожарной сигнализации (к системе обнаружения пожара, ручной пожарной сигнализации др.);
- требования к «противопожарному снабжению, запасным частям и инструменту».

Следует отметить, что применяемая в данном документе терминология не соответствует принятой в нормативных документах по пожарной безопасности, а положения правил [8] не соответствуют Федеральному закону [36]. Само заглавие части VI «Противопожарная защита» по сути своей не соответствует содержанию раздела, в котором представлены и требования не только к системам противопожарной защиты, но и требования к системам предотвращения пожара.

Другим наиболее «ярким» примером указанного несоответствия являются различия в определении и назначении пределов огнестойкости конструкций МСП. Для морских стационарных платформ, как для сооружений, являющихся объектами капитального строительства, наступление пределов огнестойкости строительных конструкций должно устанавливаться в соответствии с требованиями Федерального закона [2] по времени достижения одного или последовательно нескольких признаков предельных состояний (потеря несущей способности R, потеря целостности E, потеря теплоизолирующей способности I).

Правила [8], которые, разработаны на основе требований иностранных нормативных документов, используемых в мировой практике строительства морских сооружений, в том числе и морских стационарных платформ, регламентируют пределы огнестойкости путем введения классификации переборок и палуб, разделяющих помещения (классы «А», «В», «С» и «Н»). Конструкции

испытываются на огнестойкость по методикам, изложенным в резолюции ИМО А.754(18) и международном стандарте ИСО 834-1.

В п. 2 части VI правил [8] представлены требования к минимальной огнестойкости переборок и палуб, разделяющих смежные помещения МСП. Данная классификация переборок и палуб применяется в зарубежной нормативной базе и не используется в российских нормативных правовых актах и нормативных документах по пожарной безопасности.

В некоторых публикациях отечественных ученых, занимающихся вопросами безопасности объектов обустройства морских углеводородных месторождений, представлены данные о соответствии между принятыми обозначениями пределов огнестойкости по правилам РМРС и Федерального закона [2]. Данное соответствие было получено при участии авторов настоящей статьи и предложено для конкретной морской стационарной платформы с учетом ее специфических особенностей и характеристик, и принятой эквивалентной продолжительности пожара. Распространение данного соответствия на все морские нефтегазовые сооружения является некорректным и предложения о введении такого соответствия в нормативные документы представляется преждевременным.

По имеющимся данным в настоящее время в России разными научными организациями проводится активная работа по разработке новых нормативных документов, затрагивающих вопросы проектирования и эксплуатации морских стационарных платформ. Здесь следует отметить работу Технического комитета по стандартизации ТК 23 «Нефтяная и газовая промышленность», который занимается разработкой национальных стандартов в части техники и технологии добычи и переработки нефти и газа, в том числе и для арктического региона, а также переводит и гармонизирует все международные стандарты для нефтегазового комплекса России.

Данным техническим комитетом внесен национальный стандарт ГОСТ Р 55998-2014 «Нефтяная и газовая промышленность. Морские добычные установки. Эвакуационные пути и временные убежища. Основные требования» [10], который устанавливает общие требования к эвакуационным путям и временным убежищам морских добычных установок, в том числе и морских стационарных платформ.

В стандарте достаточно подробно представлены основные требования к проектированию путей эвакуации и временных убежищ, в том числе и требования пожарной безопасности, стандарт ссылается на федеральный закон [2], а также на ряд нормативных документов по пожарной безопасности (ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.044, СП 1.13130, СП 3.13130, СП 5.13130, СП 7.13130).

Стандарт регламентирует требования к эвакуационным выходам, путям эвакуации и временным убежищам, в частности требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям, эргономические требования, требования к инженерно-техническим решениям по защите путей эвакуации, к системе оповещения, связи и управления эвакуацией, к содержанию эвакуационных путей и выходов, к системе обеспечения пожарной безопасности и др.

Однако, при проектировании всех вышеперечисленным систем стандарт регламентирует применять положения указанных нормативных документов по пожарной безопасности лишь в той части, которая не противоречит требованиям правил классификационного общества, под наблюдением которого проектируется морская добычная установка. В разделе «Область применения» данного стандарта указывается, что он не может использоваться для подтверждения соблюдения требований федерального закона [2].

Зарубежные нормативные документы, как отмечалось выше, имеют в своей основе целеориентированный подход к обеспечению безопасности МСП. Особый интерес представляют следующие документы:

- ISO 13702 «Контроль и ограничение последствий взрывов и пожаров Основные требования» [11]. Стандарт устанавливает состав систем, обеспечивающих снижение рисков пожаров и взрывов, цели каждой из этих систем и функциональные требования к каждой из систем, а также краткие инструкции по управлению рисками пожаров и взрывов на морских установках (с использованием этих систем). Стандарт содержит ссылки на ряд других стандартов (ISO, IEC, API), инструкций (UKOOA), отчетов, книг и т.п.

- ISO 10418:2003 «Нефтяная и газовая промышленность Морские добычные установки. Системы обеспечения безопасности технологического процесса» [12]. Данный стандарт определяет цели, функциональные требования и руководящие принципы в отношении методов анализа, проектирования и испытания систем безопасности для верхних строений морских нефтегазопромысловых сооружений. Стандарт описывает основные концепции анализа и проектирования систем безопасности технологического процесса и иллюстрирован примерами применения этих концепций для типовых технологических элементов. Стандарт построен на идеологии барьеров безопасности. Решения по конкретным барьерам должны приниматься на основе анализа риска. Стандарт содержит ссылки на ряд других стандартов (ISO, IEC, API, ISA, ASME).

ISO 17776:2000 «Нефтяная и газовая промышленность. Морские добычные установки. Руководящие указания по выбору методов и средств идентификации источника опасности и оценки риска» [13]. Стандарт является методическим пособием по использованию методов идентификации опасностей и оценки техногенных рисков эксплуатации морских нефтегазовых объектов. Стандарт в первую очередь относится к этапам разработки концепции создаваемой системы и проектирования. Стандарт носит чисто рекомендательный характер.

В России действует национальный стандарт ГОСТ Р ИСО 17776-2012. «Менеджмент риска. Руководящие указания по выбору методов и средств идентификации опасностей и оценки риска для установок по добыче нефти и газа из морских месторождений» [14].

Также особый интерес представляют национальные норвежские стандарты:

- Norsok S-001 «Техническая безопасность» [15], который описывает принципы обеспечения безопасности и устанавливает требования к системам обеспечения безопасности стационарных объектов морской добычи нефти и газа. Стандарт применим при проектировании совместно со стандартом ISO 13702 и в первую очередь относится к этапам разработки концепции морского объекта и к его проектированию. Стандарт содержит ссылки на ряд других стандартов (ISO, IEC, API, ISA, ASME, NPFA, Norsok и др.). Стандарт содержит подробные требования ко всем системам обеспечения пожарной безопасности нефтегазодобывающей платформы, в том числе к системе предотвращения пожара, системе противопожарной защиты, а также к системе эвакуации и покидания платформы в критических ситуациях. Аналогичного документа в России нет.

- Norsok C-001 «Жилой модуль» [16], который содержит требования к архитектурно-строительным решениям, инженерным и вспомогательным системам, в том числе к эвакуационным выходам и путям эвакуации жилых модулей морских нефтегазодобывающих платформ. Стандарт в основном применим для стационарных платформ, но может быть также использован и для проектирования мобильных установок, в отношении которых не могут быть применимы требования других нормативных документов. В стандарте представлены требования к основным (наиболее важным) помещениям и зонам жилого модуля, в том числе к вертолетной палубе и вертолетному ангару, месту сбора персонала в случае возникновения аварийных ситуаций, к станции спасательных средств и спасательного оборудования, к центральному пульту управления, к рабочим местам и лабораториям и др. Кроме того, в стандарте представлены требования к системам отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (в том числе к аварийной вентиляции), к электроснабжению и эвакуационному освещению и др. Аналогичного документа в России нет.

- Norsok Z-013 «Анализ риска и анализ готовности к ЧС» [17]. Целью настоящего стандарта является установка требований по эффективному планированию, реализации и использованию процесса анализа рисков и готовности к чрезвычайным ситуациям. Также описывается применение критериев допустимого риска, таким образом, стандарт касается определенных аспектов оценки риска. В качестве дополнительной информации стандарт содержит приложения с рекомендациями по проведению оценки риска. Стандарт содержит ссылки на ряд других стандартов Norsok, ISO, IEC и к ряду отчетов различных организаций.

Также следует отметить морской стандарт DNV-OS-D301 «Противопожарная защита» [18], который содержит основы проектирования, строительства и установки системы противопожарной защиты на морских сооружениях и установках. Требования этого стандарта считаются соответствующими положениям «Правил по строительству и оборудованию плавучих буровых установок» Меж-

дународной морской организации 1989г. (Правила MODU) в части систем и оборудования противопожарной защиты, обнаружения огня и пожаротушения.

Таким образом, рассмотрев существующие на сегодняшний день отечественные и зарубежные нормативные документы, касающиеся вопросов обеспечения пожарной безопасности морских стационарных нефтегазодобывающих платформ, даже с учетом, вновь разработанных и адаптированных стандартов, можно сделать вывод о существенной неполноте российских нормативных документов, и особенно для условий арктических морей. Необходимо продолжать научно-исследовательские работы, направленные на гармонизацию существующих нормативных документов, регламентирующих вопросы обеспечения пожарной безопасности МСП, на разработку новых документов, с учетом передовых международных практик в сфере обеспечения пожарной безопасности, отечественного опыта и достижений, а также появляющихся новых научных разработок, направленных на обеспечение пожарной безопасности (в частности, внедрение новых методик, различных новых технических средств, систем и средств пожаротушения и т.п.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Никитин Б.А.* Обеспечение безопасности объектов обустройства морских месторождений / Б.А. Никитин, Р.М. Тагиев – Краснодар: Просвещение-Юг, 2008. – 204 с.;
2. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;
3. Правила безопасности при разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений на континентальном шельфе (ПБ 08-623-03). Серия 08. Выпуск 9 / Колл. авт. – М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. – 88с.;
4. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности;
5. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов (РД 03-418-01) / Колл. авт. – М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002. – 18с.;
6. СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.
7. Федеральные Нормы и Правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности морских объектов нефтегазового комплекса», утверждены Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 18 марта 2014 года N 105.
8. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. НД №2-020201-013, 2014 г.;

9. Правила по нефтегазовому оборудованию морских плавучих нефтегазодобывающих комплексов, плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. НД № 2-090601-005, 2017 г.;

10. ГОСТ Р 55998-2014 «Нефтяная и газовая промышленность. Морские добычные установки. Эвакуационные пути и временные убежища. Основные требования»;

11. ISO 13702 «Контроль и ограничение последствий взрывов и пожаров Основные требования»;

12. ISO 10418:2003 ««Нефтяная и газовая промышленность Морские добычные установки. Системы обеспечения безопасности технологического процесса»»;

13. ISO 17776:2000 «Нефтяная и газовая промышленность. Морские добычные установки. Руководящие указания по выбору методов и средств идентификации источника опасности и оценки риска»;

14. ГОСТ Р ИСО 17776-2012. «Менеджмент риска. Руководящие указания по выбору методов и средств идентификации опасностей и оценки риска для установок по добыче нефти и газа из морских месторождений»;

15. NORSOK S-001 Technical safety;

16. NORSOK C-001 Living quarters area;

17. NORSOK Z-013 Risk and emergency preparedness analysis;

18. DNV-OS-D301 Fire protection.

УДК 621.31:614.84

А. А. Назаров

ФГБУ ВНИИПО МЧС России

МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОВОГО МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Рассмотрены вопросы пожарной профилактики эксплуатируемых электроустановок жилых и общественных зданий. Приведены основные положения методики тепловизионной диагностики элементов электрооборудования. Представлены результаты обследования объектов социальной инфраструктуры.

Ключевые слова: электроустановки жилых и общественных зданий, пожарная опасность, тепловизор, методика тепловизионной диагностики.

A. A. Nazarov

MONITORING AND ESTIMATION OF FIRE HAZARD OF ELECTRICAL EQUIPMENT FOR RESIDENTIAL AND PUBLIC BUILDINGS BY THERMAL METHOD OF NON-DESTRUCTIVE CONTROL

The questions of fire prevention of operated electrical installations of residential and public buildings are considered. The main provisions of the technique of thermal imaging diagnostics of electrical equipment elements are given. The results of a survey of social infrastructure facilities are presented.

Keywords: electrical installation of residential and public buildings, fire hazard, thermal imager, thermal imaging diagnostic technique.

Научно-технический прогресс и развитие технологий приносит в жизнь людей все новые и новые бытовые электрические приборы и офисную технику. Соответственно увеличивается и нагрузка на электрические сети, особенно в жилом секторе и зданиях общественного назначения. Поэтому проблема пожарной безопасности при эксплуатации электрооборудования жилых и общественных зданий является наиболее актуальной на сегодняшний день. Важность проблемы подтверждается и данными статистики. По статистическим данным [1] более 35% всех пожаров произошло по электрическим причинам, а пожары от электроизделий в общественных зданиях и жилом секторе достигают 80 %. Анализ причин загораний показывает, что пожарная безопасность жилых и общественных зданий в значительной степени зависит от состояния электрических сетей. Электрические сети могут быть причиной пожаров, когда в процессе их проектирования, монтажа и эксплуатации не выполняются необходимые требования, нормы и правила [2].

Основным направлением по снижению количества пожаров от электроизделий должна стать действенная профилактика таких пожаров.

К особенностям пожаров от электрооборудования можно отнести то, что пожароопасные признаки на ранней стадии (до возникновения загорания или проявления пожароопасных факторов) не всегда можно определить без применения технических средств. Непосредственное место начала возгорания, как правило, скрыто корпусом электроизделия, а в случае электропроводки электропроводки арматурой (короба, трубы и т.п.).

С точки зрения физических процессов, пожары от электрооборудования возникают, когда на небольшом участке электрической цепи, за короткий промежуток времени выделяется большое количество тепловой энергии. Чаще всего, местами пожароопасных перегревов являются дефектные контактные соединения.

Дефекты контактных соединений могут возникнуть не только в результате нарушения технологии монтажа, но также по естественным причинам, в процессе эксплуатации, например, из-за окисления контактных пластин и проводов, ослабления прижимных пластин.

Без профилактических осмотров и своевременного обслуживания вероятность возникновения неисправности в контактных соединениях увеличивается, а, следовательно, возрастает риск возникновения пожара.

К сожалению, приходится констатировать, что на сегодняшний день уровень пожарной профилактики эксплуатируемых электроустановок в жилом секторе и общественных зданиях весьма не высок.

Процесс начала и развития пожароопасного дефекта в электрооборудовании сопровождается локальным перегревом места неисправности. Учитывая этот факт, наиболее перспективным методом мониторинга состояния пожарной безопасности эксплуатируемого электрооборудования является тепловой метод неразрушающего контроля (тепловизионная диагностика).

В настоящее время имеется достаточно совершенная техническая база для проведения профилактического контроля электроустановок без снятия напряжения с помощью тепловизионного оборудования. Применение тепловизоров позволяет быстро и в тоже время с достаточно высокой степенью точности определять локальные перегревы в контактных соединениях, проводах и кабелях. Наличие дефекта при такой диагностике характеризуется аномальным повышением температуры в дефектной зоне. Таким образом, появляется возможность выявлять многие дефекты на ранней стадии их развития и тем самым предотвращать вероятные пожароопасные ситуации.

Несмотря на довольно широкое применение тепловизоров в различных отраслях, с точки зрения безопасной эксплуатации электроустановок тепловизионная диагностика применяется, в основном, на объектах электроэнергетики. Для тепловизионной диагностики электроэнергетических объектов применяются методики РД 153-34.0-20.363-99, ВЕМО 08.00.00.000 ДМ [3, 4].

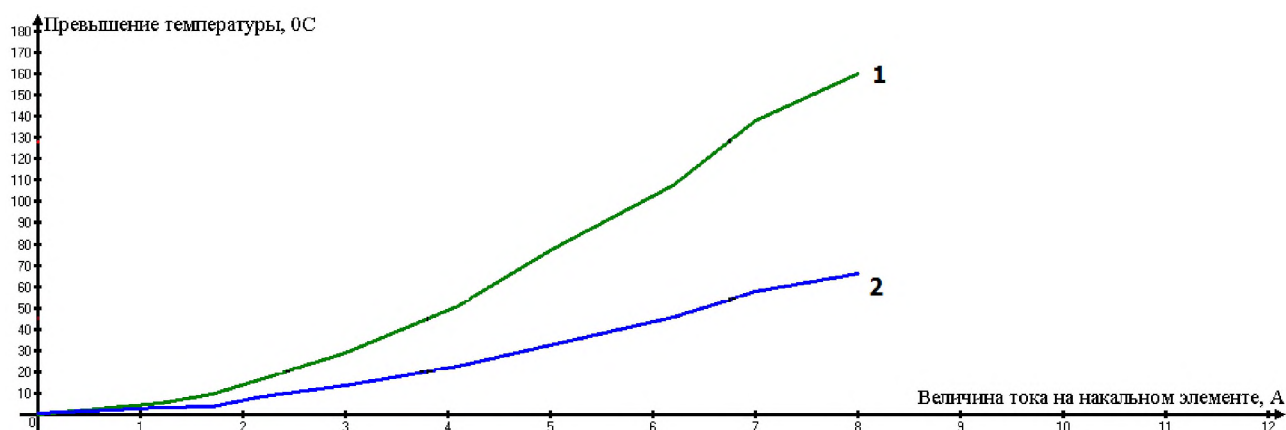
Для целей мониторинга и оценки пожарной опасности эксплуатируемого электрооборудования жилых и общественных зданий тепловизионная диагностика широко не применялась в виду отсутствия соответствующей методики.

Специалистами ФГБУ ВНИИПО МЧС России была разработана «Методика проверки пожарной опасности электрооборудования жилых и общественных зданий на основе использования для этой цели тепловизора». Настоящая Методика определяет порядок проведения тепловизионной диагностики электрооборудования жилых и общественных зданий для экспресс-мониторинга и оценки его пожарной опасности. Объектами мониторинга являются электрическая проводка, контактные соединения, выключатели, электрические розетки, коммутационные аппараты, аппараты электрической защиты.

За основу были взяты существующие методики, положения которых были переработаны и дополнены с учетом специфики электроустановок эксплуатируемых в жилых и общественных зданиях (контактные соединения закрыты

корпусами, электропроводка проложена в пластмассовой электромонтажной арматуре).

При разработке Методики были получены данные по температуре на поверхности корпусов различных электроизделий в зависимости от фактической температуры токопроводящих элементов. Для точечного нормируемого нагрева контактных соединений применялись накаливающие элементы по ГОСТ 27924-88 [5]. Пример зависимости представлен на рис. 1.



- 1 – превышение температуры на контактом соединении, измеренное с помощью термоэлектрического преобразователя
2 - превышение температуры на корпусе розетки, измеренное с помощью тепловизора

Рис. 1. Зависимость между фактической температурой контактного соединения и температурой на поверхности розетки, измеренной с помощью тепловизора

Таким образом, появляется возможность оценивать температуру на контактом соединении, контролируемого электроизделия измеряя температуру на его корпусе.

Еще одной важной задачей, при разработке Методики являлся выбор критериев оценки состояния электроизделий по степени пожарной опасности. Было предложено использовать два пороговых значения. Первое пороговое значение – это предельно допустимое значение температуры или превышение температуры, установленное нормативными документами для конкретного вида изделий. Превышение данного значения, в соответствии с Методикой характеризуется как «Аварийный режим». При выявлении такого дефекта рекомендуется как можно быстрее провести ремонт, с целью устранения неисправности. Второе пороговое значение – это температура термической деструкции материала изоляции подводящих проводов. Превышение данного значения, в соответствии с Методикой характеризуется как «Пожароопасный режим». В этом случае

требуется немедленно прекратить эксплуатацию электроустановки и провести ремонтно-восстановительные мероприятия.

Соответствие предельно допустимого значения температуры или превышения температуры на элементах электротехнических изделий и показаний тепловизора, измеренных на поверхности соответствующих электротехнических изделий представлены в таблице.

Полученные данные дали возможность оперативно оценить степень пожарной опасности большого количества электроустановочных изделий (розеток, выключателей), электропроводок и другого электрооборудования в жилых и общественных зданиях.

Таблица. Предельно допустимые значения температуры или превышения температуры на элементах электротехнических изделий и показания тепловизора

№ п/п	Вид электротехнического изделия	Режим			
		Аварийный		Пожароопасный	
		Требования по НД	Показания тепловизора на поверхности	Требования по НД	Показания тепловизора на поверхности
1	Электропроводка, проложенная в пластмассовых электроустановочных коробах - с ПВХ изоляцией; - с резиновой изоляцией; - с полиэтиленовой изоляцией	$T > 75^{\circ}\text{C}$	$T > 60^{\circ}\text{C}$	$T > 145^{\circ}\text{C}$	$T > 110^{\circ}\text{C}$
		$T > 75^{\circ}\text{C}$	$T > 60^{\circ}\text{C}$	$T > 120^{\circ}\text{C}$	$T > 90^{\circ}\text{C}$
		$T > 75^{\circ}\text{C}$	$T > 60^{\circ}\text{C}$	$T > 110^{\circ}\text{C}$	$T > 85^{\circ}\text{C}$
2	Электрические выключатели	$\Delta T > 45^{\circ}\text{C}$	$\Delta T > 10^{\circ}\text{C}$	$T > 145^{\circ}\text{C}$	$\Delta T > 25^{\circ}\text{C}$
3	Электрические розетки	$\Delta T > 45^{\circ}\text{C}$	$\Delta T > 15^{\circ}\text{C}$	$T > 145^{\circ}\text{C}$	$\Delta T > 35^{\circ}\text{C}$

Методика прошла практическую апробацию на объектах социальной инфраструктуры Раменского района Московской области.

С учетом положительных результатов апробации, на основе Методики были разработаны методические рекомендации «Проверка пожарной опасности электрооборудования жилых и общественных зданий с помощью тепловизора» [6], которые на постоянной основе применяются при профилактических обследованиях пожарной безопасности электрооборудования школ, детских садов и других объектов социальной инфраструктуры городского поселения Раменское.

С момента начала работы по применению теплового метода неразрушающего контроля для оценки пожарной опасности эксплуатируемого электрооборудования жилых и общественных зданий, а именно с ноября 2008 года по настоящее время проводятся периодические обследования электроустановок детских садов и школ. В результате мониторинга состояния электроустановок выявляются дефекты, классифицируемые по Методике как «аварийные» и «пожароопасные». Также были диагностированы дефекты, которые, по формальным признакам, не подпадают под классификацию «аварийный» или «пожароопасный», но превышение температуры на поверхности контролируемого элемента указывает на их потенциальную возможность развиться до опасного уровня, и требует повышенного внимания, в том числе проведения профилактических мероприятий.

Первичные тепловизионные обследования, проведенные в период с 2008 по 2010 годы, позволили выявить значительное количество «аварийных» и «пожароопасных» дефектов в электрооборудовании, которые не могли быть выявлены традиционными методами контроля.

Последующие периодические профилактические осмотры показали, что на объектах, на которых ранее неисправности электрооборудования отсутствовали, при обследовании на следующий год появлялись дефекты различной степени. Данный факт объясняется естественным износом и старением электроустановок и подтверждает необходимость систематических проверок с целью обнаружения дефектов на ранней стадии развития и недопущения их перерастания в аварийные пожароопасные дефекты.

Динамика изменения состояния пожарной опасности эксплуатируемого электрооборудования на объектах социального назначения за период с конца 2008 года по май 2015 года представлена на рис. 2.

Статистические данные, представленные ИЛ МУ «РамСпас» показывают эффективность применения Методики тепловизионной диагностики при обследовании эксплуатируемого электрооборудования.

Из статистических данных видно, что в результате применения тепловизионной диагностики наблюдается снижение количества аварийных и пожароопасных дефектов электрооборудования, выявляемых на объектах социального назначения, которые представляют потенциальную опасность и могут привести к пожару. Увеличение количества, обнаруженных дефектов в 2015 году объясняется естественным процессом износа и старения эксплуатируемого электрооборудования, к которому следует быть готовыми. Этот факт указывает на необходимость систематических проверок с целью обнаружения дефектов на ранней стадии развития и недопущения их перерастания в аварийные пожароопасные дефекты.

Полученные данные подтверждают эффективность, целесообразность и необходимость проведения тепловизионной диагностики эксплуатируемого электрооборудования жилых и общественных зданий.

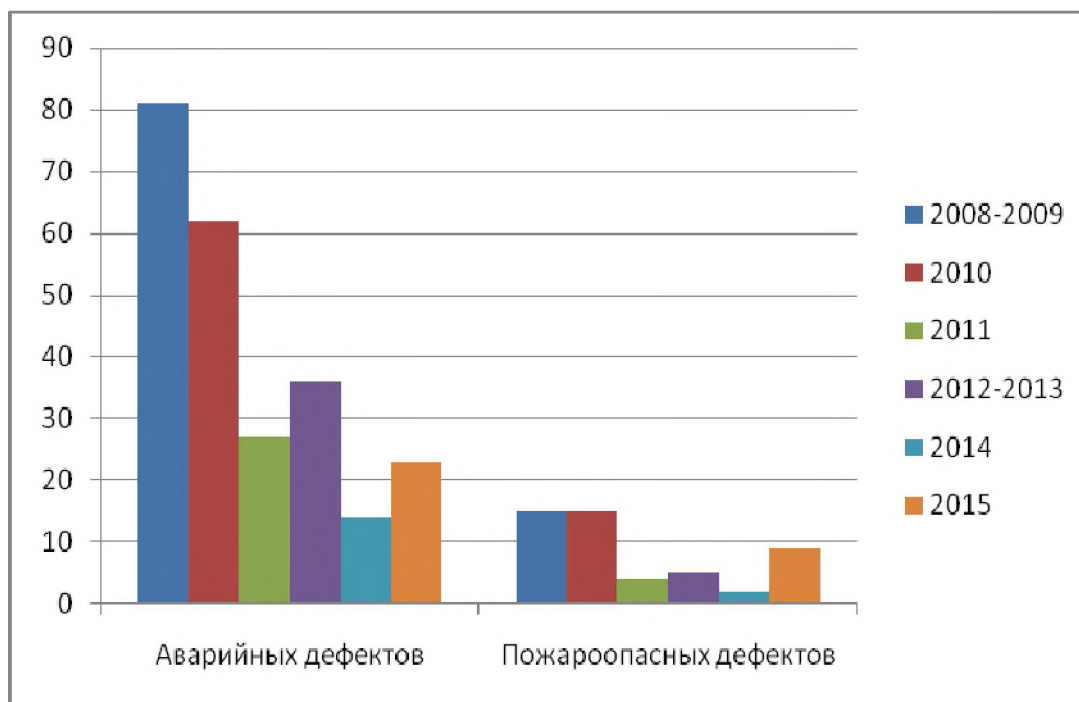


Рис. 2. Динамика изменения количества выявленных аварийных и пожароопасных дефектов эксплуатируемого электрооборудования на объектах социального назначения

В настоящий момент, тепловизионные обследования эксплуатируемого электрооборудования жилых и общественных зданий не являются обязательными, хотя их целесообразность очевидна. Актуальность и эффективность внедрения в практику тепловизионных обследований подтверждают результаты деятельности ИЛ МУ «РамСпас». Введение Методики проверки пожарной опасности электрооборудования жилых и общественных зданий на основе использования для этой цели тепловизора в нормативные документы и практическую работу надзорных органов как обязательный пункт оценки пожарной безопасности жилых и общественных зданий позволит снизить вероятность возникновения пожаров от электрооборудования, уменьшить материальные потери и сохранить здоровье и жизни людей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожары и пожарная безопасность в 2014 г. Статистический сборник/ФГБУ ВНИИПО МЧС России.- М., 2015 г.
2. Пехотиков В.А, Назаров А.А, Горбачев А.В, Дервянко А.В. К вопросу обеспечения пожарной безопасности электроустановок жилых и общественных зданий с

применением методов тепловизионного контроля – Журнал // Пожарная безопасность. - 2011. - №1.

3. РД 153-34.0-20.363-99 Методика инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ.

4. ВЕМО 08.00.00.000 ДМ Методика тепловизионной неразрушающей диагностики электрооборудования (основные положения).

5. ГОСТ 27924-88 Испытания на пожароопасность. Методы испытаний. Испытания на плохой контакт при помощи накаливаемых элементов

6. Назаров А.А., Пехотиков В.А., Грузинова О.И., Рябиков А.И. Проверка пожарной опасности электрооборудования жилых и общественных зданий с помощью тепловизора: методические рекомендации. М.: ВНИИПО, 2014. 28 с.

УДК 66.081 : 54-71 : 661.728.7 : 54-414

С. В. Натарева^{}, С. В. Беляев^{**}*

^{*} ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

^{**} ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МЕМБРАННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ В ЖИДКИХ СРЕДАХ

Выполнено исследование кинетики сорбции и десорбции ионов кальция (II) из водных растворов ионообменной мембраной МК-40. Найдены основные кинетические характеристики ионообменной мембраны по отношению к ионам кальция.

Ключевые слова: ионный обмен, кинетика, ионообменная мембрана.

S. V. Natareev, C. V. Belyaev

MEMBRANE SEPARATION IN LIQUID MEDIA

The study of sorption and desorption kinetics of calcium ions (II) from aqueous solutions by membrane ion exchanger МК-40. It has been found membrane ion exchanger have high kinetic characteristics.

Keywords: ion exchange, kinetics, ion-exchange membrane.

Организация водообеспечения населения в условиях чрезвычайной ситуации является одной из важнейших задач инженерного обеспечения. Потребность в воде для хозяйственно-питьевых и специальных нужд составляет в среднем 10 литров в сутки на одного человека. На одного пораженного, находящегося на стационарном лечении, объем потребляемой воды, включая питье-

вые нужды, возрастает до 100 и более литров. При этом проблему обеспечения населения чистой водой все чаще приходится решать в условиях постоянного ухудшения качества воды в водных источниках. Одним из важнейших направлений обеспечения населения чистой питьевой водой и очистки сточных вод, определенных федеральной целевой программой «Чистая вода» на 2011 - 2017 годы, утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 22 декабря 2010 года N 1092, является совершенствование мембранных технологий [1].

К мембранным процессам очистки воды относятся электродиализ, который получил промышленное значение благодаря широкому производству селективных ионообменных мембран из ионитных смол. Дальнейшее совершенствование мембранных технологий не может осуществляться без разработки инженерных методов расчета, базирующихся на математическом моделировании с учетом реального механизма ионообмена, равновесных закономерностей процесса и гидродинамических особенностей движения подвижных фаз в аппарате. При этом для расчетов необходимо иметь надежные кинетические параметры ионного обмена, полученные из эксперимента.

В работе предложено математическое описание ионного обмена на ионообменной мембране в условиях ограниченного объема раствора. При математическом моделировании процессов ионного обмена примем следующие допущения: мембрана является неограниченной пластиной с однородной изотропной структурой; начальное распределение концентрации целевого компонента внутри мембраны является неравномерным; скорость процесса контролируется как внешней, так и внутренней диффузией; гидродинамическая структура движения жидкой фазы описывается моделью идеального перемешивания; массообмен между поверхностью мембраны и окружающим её раствором происходит одинакового по всей поверхности; равновесие ионного обмена описывается уравнением изотермы Ленгмюра:

$$\bar{C} = a_0 \frac{kC}{1+kC}, \quad (1)$$

где a_0 – обменная емкость катионита, кг-экв/м³; k - константа равновесия.

Для решения задачи используем интервально-итерационный метод, в соответствии с которым время всего процесса делим на ряд небольших временных интервалов и в каждом интервале принимаем постоянными кинетические параметры процесса и линейность равновесной зависимости [2].

Математическое описание ионообменной сорбции на мембране для небольшого временного интервала включает следующие уравнения:

уравнение диффузии:

$$\frac{\partial \bar{C}(x, \tau)}{\partial \tau} = \bar{D} \frac{\partial^2 \bar{C}(x, \tau)}{\partial x^2}; \quad (\tau > 0; 0 \leq x \leq r_0); \quad (2)$$

уравнение касательной к изотерме адсорбции Ленгмюра (1):

$$\bar{C}_p = m + bC; \quad (3)$$

начальные и граничные условия:

$$\bar{C}(x,0) = \bar{C}_0(x); C(0) = C_0; \quad (4)$$

$$\frac{\partial \bar{C}(0,\tau)}{\partial x} = 0; \bar{C}(0,\tau) \neq \infty; \quad (5)$$

$$\bar{D} \frac{\partial \bar{C}(r_0,\tau)}{\partial x} = \beta [C(\tau) - C(r_0,\tau)]; \quad (6)$$

$$V \frac{\partial C}{\partial \tau} = -S\bar{D} \left(\frac{\partial \bar{C}}{\partial x} \right)_{r=r_0}, \quad (7)$$

где C и \bar{C} – концентрация целевого компонента в растворе и мембране соответственно, кг-экв/м³; \bar{C}_p – равновесная концентрация сорбируемого иона в мембране, кг-экв/м³; \bar{D} – коэффициент внутренней диффузии, м²/с; r_0 – толщина мембраны, м; S – площадь поверхности мембраны, м²; x – координата, м; V – объем раствора, м³; β – коэффициент массоотдачи в жидкой фазе, м/с; τ – время, с; $m = \frac{a_0 k}{(1+kC_0)^2}$; $b = \frac{a_0 k^2 C_0^2}{(1+kC_0)^2}$; индекс: 0 – начальный.

Решение системы уравнений (2) – (7) методом интегральных преобразований Лапласа [3] имеет вид:

$$F(x,\tau) = \frac{\bar{C}(x,\tau)}{\bar{C}_p} = 1 - \frac{M}{M+1} \int_0^1 \left[1 - \frac{\bar{C}_0(z)}{\bar{C}_p} \right] dz - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{B_n \mu_n}{\sin \mu_n} \cos \left(\mu_n \frac{x}{r_0} \right) e^{-\frac{\mu_n^2 \bar{D}}{r_0^2} \tau} \int_0^1 \left[1 - \frac{\bar{C}_0(z)}{\bar{C}_p} \right] \cos \mu_n z dz, \quad (8)$$

где
$$B_n = \frac{2Bi_m}{\cos \mu_n \left(\mu_n^2 - Bi_m M \right) + \sin \mu_n \left(\mu_n + Bi_m \mu_n + \frac{Bi_m M}{\mu_n} \right)}, \quad M = \frac{3m\bar{V}}{V},$$

$Bi_m = \frac{\beta r_0}{mD}$ – число Био, μ_n – корни характеристического уравнения:

$$tg \mu = \frac{Bi_m \mu}{\mu^2 - Bi_m M}. \quad (9)$$

Среднее значение концентрации компонента в пластине определяем по формуле:

$$\bar{C}_{cp}(\tau) = \frac{1}{r_0} \int_0^{r_0} \bar{C}(x, \tau) dx. \quad (10)$$

Если подставить в это соотношение вместо $\bar{C}(x, \tau)$ решение (8), то после интегрирования получим:

$$F_{cp}(x, \tau) = 1 - \frac{M}{M+1} \int_0^1 \left[1 - \frac{\bar{C}_0(z)}{\bar{C}_p} \right] dz - \sum_{n=1}^{\infty} B_n e^{-\frac{\mu_n^2 D}{r_0^2} \tau} \int_0^1 \left[1 - \frac{\bar{C}_0(z)}{\bar{C}_p} \right] \cos \mu_n z dz. \quad (11)$$

Для определения концентрации раствора может быть использовано уравнение материального баланса:

$$V(C_0 - C) = \bar{V}(\bar{C} - \bar{C}_0). \quad (12)$$

Применение решений (8), (11) и (12) в сочетании с численными методами позволяет рассчитать кинетические закономерности ионного обмена на протяжении всего процесса.

Для проверки адекватности разработанной математической модели реальному процессу были проведены экспериментальные исследования кинетики ионного обмена в системах: мембрана МК-40 (Н-форма) – раствор $CaCl_2$, мембрана МК-40 (Са-форма) – раствор HCl . Схема лабораторной ячейки приведена на рис. 1. Ячейка представляла собой два цилиндрических сосуда диаметром 0,045 м, разделенные между собой мембраной. Перемешивание жидкой фазы осуществляли мешалками диаметром 0,025 м. Скорость их вращения

составляла 300 об/мин. Для опытов прямого процесса был выбран раствор CaCl_2 концентраций 0,12 н, а обратного процесса – 2 н раствор HCl .

На рис. 2 приведены кинетические кривые ионного обмена. Здесь же показаны результаты расчета, полученные при следующих параметрах: толщина мембраны – $5,5 \cdot 10^{-4}$ м; объем раствора – $1,6 \cdot 10^{-4}$ м³; объем мембраны – $8 \cdot 10^{-5}$ м³; шаг по времени – 10 с.

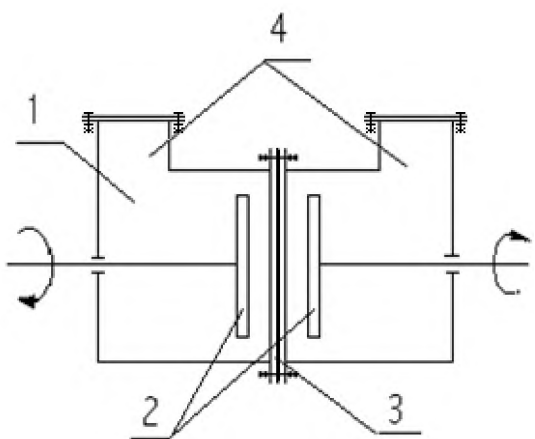


Рис. 1. Схема ячейки для исследования скорости ионного обмена на мембране: 1 – корпус; 2 – мешалка; 3 – мембрана; 4 – патрубок

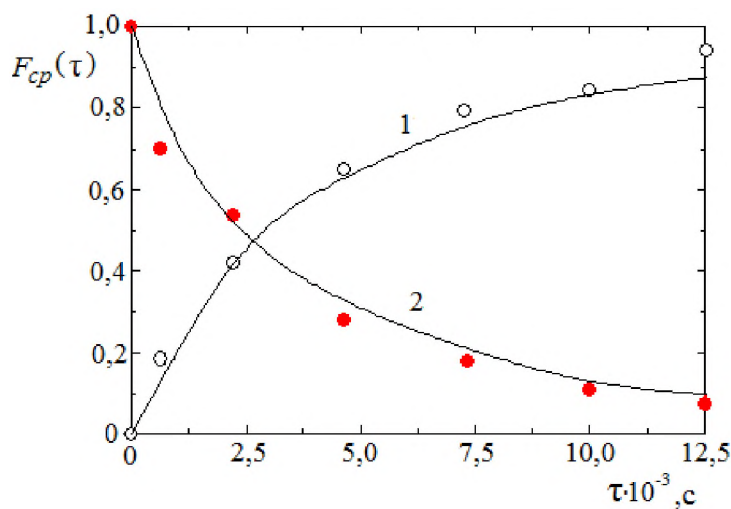


Рис. 2. Кинетические кривые сорбции (1) и десорбции (2) ионов Ca^{2+} на мембране МК-40: точки – экспериментальные данные, линия – расчетная кривая

Для определения коэффициента массоотдачи в жидкой фазе использовали критериальную зависимость:

$$Sh = 0,29 Re_M^{0,65} Sc^{0,33}, \quad (13)$$

где $Sh = \frac{\beta d_c}{D}$ – число Шервуда; $Re_M = \frac{\omega d_M^2}{\nu}$ – число Рейнольдса; $Sc = \frac{\nu}{D}$ – число Шмидта; d_c и d_M – диаметр сосуда и мешалки соответственно; D – коэффициент диффузии целевого компонента в растворе, м²/с; ω – частота вращения мешалки; ν – кинематический коэффициент вязкости, м²/с.

Для определения зависимости $\bar{D} = f(\bar{C})$ использовали эмпирическое уравнение:

$$\bar{D} = a + bC, \text{ см}^2/\text{с}, \quad (14)$$

где C – концентрация раствора, моль/л; a, b – константы.

Для иона Ca^{2+} : $a = 0,4 \cdot 10^{-7}$, $b = 0,85 \cdot 10^{-7}$. Для иона H^+ : $a = 0,22 \cdot 10^{-7}$, $b = 0,14 \cdot 10^{-7}$. Константы изотермы Ленгмюра для обмена $\text{Ca}^{2+} - \text{H}^+$ равны $a_0 = 2,12$, $k = 120$, а для обмена $\text{H}^+ - \text{Ca}^{2+}$ - $a_0 = 2,12$, $k = 1,6$.

На рис. 3 приведены расчетные кривые распределения концентрации ионов Ca^{2+} по толщине мембраны для прямого (а) и обратного (б) процессов ионного обмена.

Сравнение расчетных и экспериментальных данных позволяет сделать вывод об их удовлетворительной сходимости. Расхождение не превышает 10 %.

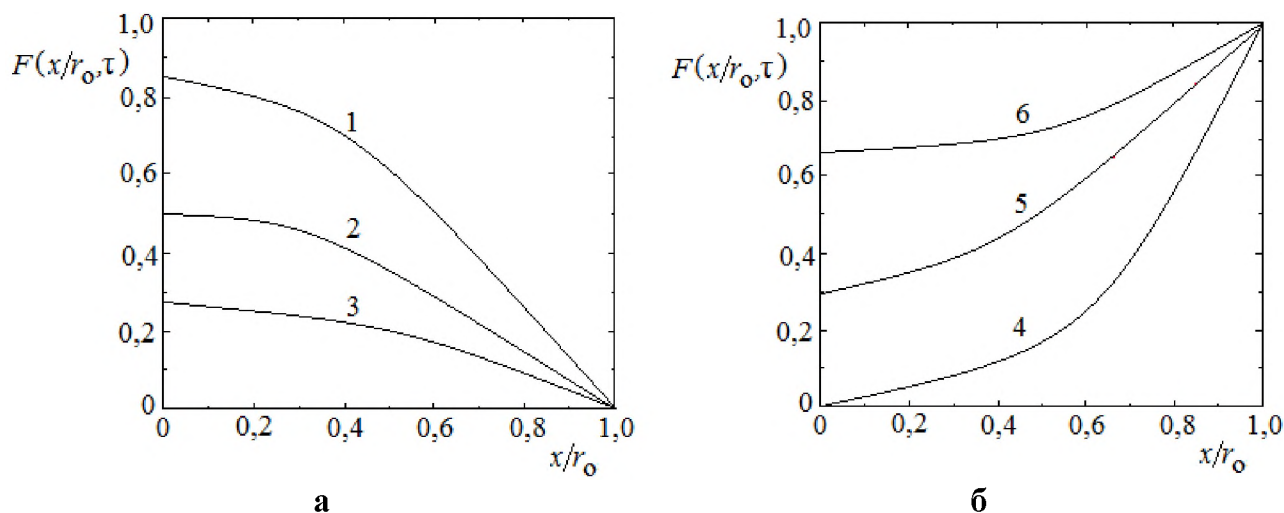


Рис. 3. Кривые распределения ионов Ca^{2+} по толщине мембраны МК-40 для прямого (а) и обратного (б) процессов ионного обмена: $\tau \cdot 10^{-3}$, с: 1 – 2,4; 2 – 5,6; 3 – 8,8; 4 – 1,6; 5 – 4,8; 6 – 9,6

Таким образом, предложено математическое описание ионного обмена на мембране в условиях ограниченного объема раствора. Проведенные исследования позволили определить основные кинетические характеристики процессов $\text{Ca}^{2+} - \text{H}^+$ и $\text{H}^+ - \text{Ca}^{2+}$ на катионообменной мембране МК-40.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральная целевая программа «Чистая вода» на 2011-2017 годы // Собрание законодательства Российской Федерации от 24.01.2011 г., № 4, ст. 603.
2. Рудобаица С.П., Карташов Э.М. Диффузия в химико-технологических процессах. - Москва: КолосС, 2009. - 467 с.
3. Соловьева С.И. Применение преобразования Лапласа для решения задач математической физики: учебное пособие по курсу «Уравнения математической физики». – М.: МАКС Пресс, 2011. - 40 с.

УДК 621.9

*А. Г. Наумов, В. А. Комельков, Е. В. Зарубина, С. А. Никитина,
В. С. Еловский*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ВЛИЯНИЕ МИКРОДОЗ МАСЛА И-20А НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИОНИЗИРОВАННОЙ ВОЗДУШНОЙ СОТС

Приведены результаты лабораторных экспериментов по точению стали 45 резцами из быстрорежущей стали Р6М5 в присутствие положительно и отрицательно ионизированных воздушно – масляных сред. Исследованы шероховатости поверхностей и стойкость инструмента.

Ключевые слова: микродозы, режущий инструмент, масло, эффективность, экологичность.

A. G. Naumov, V. A. Komelkov, E. V. Zarubina, S. A. Nikitina, V. S. Elovskiy

THE INFLUENCE OF MICRO-DOSES OF OIL I-20A ON THE EFFECTIVENESS OF IONIZED AIR SOTS

The results of laboratory experiments on the turning of 45 steel cutters of high speed steel R6M5 in the presence of positively and negatively ionized air – oil environments. The studied surface finishes, and tool life.

Keywords: small doses, cutting tool, oil, efficiency, sustainability.

Износостойкость режущего инструмента на операциях точения в немалой степени зависит от применяемой смазочно-охлаждающей среды (СОТС). В современном машиностроении предъявляются повышенные требования не только к функциональным, но и к экологическим свойствам СОТС, так как СОТС должна не только улучшать работоспособность инструмента и качество обработанной поверхности, но и не должна оказывать техногенного влияния на обслуживающий персонал и окружающую среду. При изготовлении СОТС стремятся уменьшить количество минерального масла и минимизировать, а иногда и исключить эффективные, но опасные для здоровья некоторые неорганические и органические компоненты СОТС.

Одним из способов создания экологически чистых СОТС является минимизация количества требуемых СОТС, в частности, это достигается введением микродоз СОЖ воздушный поток с последующей его активацией электрическими разрядами. В настоящей работе представлены результаты исследований по ионизации воздушного потока, содержащего в своем составе микродозы индустриального масла И-20А, коронным разрядом различной полярности.

Анализ существующих исследований по данной теме показал, что активированные коронным разрядом СОТС представляют собой ионизированный воздушный поток. При этом, эффективность такой СОТС весьма различна у разных авторов. Так, например, повышение работоспособности инструментов в разных источниках колеблется в пределах от 20 до 300%. В ряде работ отмечается положительное влияние ионизированных и озонированных СОТС на качество обработанной поверхности: уменьшение шероховатости поверхности, снижаются остаточные напряжения в обработанной поверхности [5]. Согласно авторам [2, 3, 4, 5 и др.], активированный воздух воздействует на контактирующие поверхности по нескольким механизмам.

Озон и активный кислород образуют на свежевскрытых металлических поверхностях в зоне контактирования инструментального и обрабатываемого материалов оксидные пленки, экранирующие адгезионные взаимодействия между рабочими поверхностями инструмента с обработанной поверхностью и стружкой. Как показано в работе [1], коэффициент трения стружки о переднюю поверхность инструмента для окисленных металлов имеет значение 0.4...0.8, тогда как для ювенильных поверхностей – 0.8...6.0. Наличие оксидных пленок улучшает взаимное перемещение в зоне трибосопряжений, и, как следствие, приводит к уменьшению адгезионного изнашивания режущего инструмента.

В ряде работ [3 и др.] в качестве основной функции ионизированного воздуха выдвигается его охлаждающее действие. В соответствии с этим, технологии использования в качестве СОТС ионизированного воздуха получили названия «сухое электростатическое охлаждение» [2] или «ионный ветер» [9]. Авторы не устанавливают взаимосвязи между потенциалом на коронирующем электроде и получаемым эффектом. При этом, увеличение стойкости инструмента наблюдалось независимо от марки обрабатываемого материала. Существует мнение, что возможное влияние ионизированного воздуха на процесс резания заключается в изменении структурного состояния рабочих поверхностей режущего инструмента [8].

В работе [7] установлено, что для получения эффекта по стойкости режущих инструментов, воздух перед его ионизацией необходимо охладить, т.к. повышение стойкости инструментов при использовании неохлажденного воздуха практически отсутствовало.

Нашими исследованиями [6] установлено, что в результате протекания химических реакций между компонентами в воздушной плазме, тепло, выделенное при этом, будет нивелировать охлаждающую функцию таких СОТС. На рис. 1 представлены результаты по изучению охлаждающего действия ионизированного воздушного потока, из чего следует, что активированный коронным

разрядом воздушный поток практически не изменяет интенсивности охлаждения образцов по сравнению с неионизированным воздухом. Следовательно, положительное действие ионизированного коронным разрядом воздуха на процесс резания следует объяснять его смазочным действием.

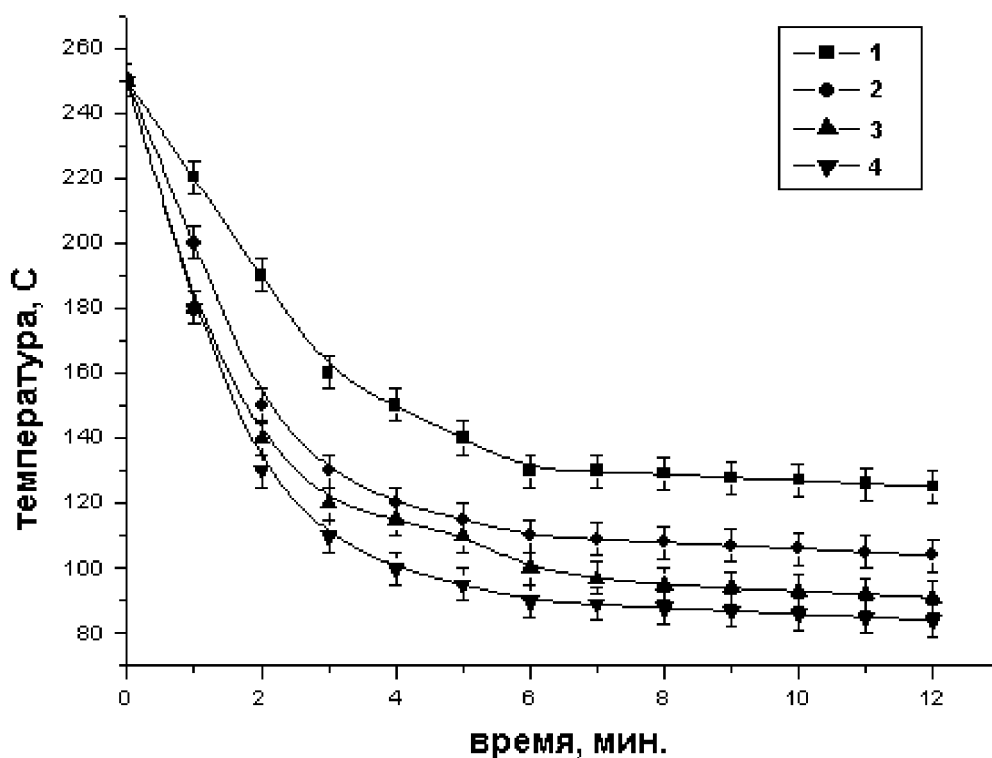


Рис. 1. Скорость охлаждения образца из стали 45 в зависимости от выбора способа охлаждения:

- 1 - отрицательная низкотемпературная плазма, 2 – сжатый воздух,
3 – отрицательно ионизированный сжатый воздух, 4 – отрицательно ионизированный воздух с повышенной влажностью (от 0,2 до 2 г/час)

Проведенными исследованиями установлено, что в ряде случаев смазочная способность ионизированного воздуха недостаточна. Для более эффективного его действия на процессы стружкоотделения необходимо усиление этой функции СОТС.

Для этого в состав воздушного потока перед его ионизацией вводилось небольшое количество индустриального масла И-20А из расчета 0,2 – 1,0 г/час. Для осуществления этого было разработано специальное устройство для точной микродозированной подачи вязких жидкостей, которое устанавливалось на ионизатор в непосредственной близости от выходного сопла. Эффективность воз-

действия такой СОТС на процессы лезвийной обработки изучалась при точении стали 45 упорнопроходными резцами из быстрорежущей стали Р6М5.

Были проведены сравнительные исследования по определению стойкости режущих инструментов в средах положительно и отрицательно ионизированного воздуха с различным потенциалом заряда на коронирующем электроде, а также с введением в воздушный поток нано и микродоз масла И-20А с расходом 0,2, 0,5 и 1 г/час с последующей ионизацией этого потока. Эффективность методов подвода смазочно-охлаждающих жидкостей и их влияние на износ и стойкость режущего инструмента определялись путём сравнения интенсивности изнашивания и стойкости инструмента при подаче в зону резания смазочно-охлаждающей жидкости, представляющей собой 100 % масла И-20А.

При проведении экспериментов через равные промежутки времени измерялся износ по передней и задней поверхностям. За критерий износа была принята величина фаски износа по задней поверхности равная 0,6 мм.

Как следует из представленных на рис. 2 – 3 результатов исследований ионизированный воздушный поток, имеющий в своем составе микродозы масла более эффективен по сравнению с поливом масла и его подачей в виде неионизированной воздушно-маслянной смеси при аналогичных концентрациях масла.

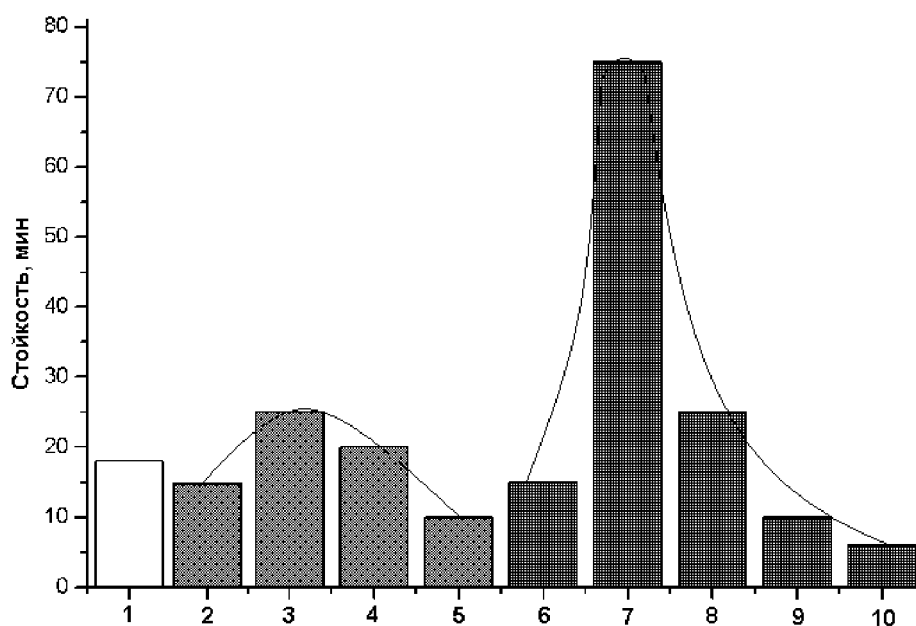


Рис. 2. Стойкость упорнопроходных резцов из быстрорежущей стали Р6М5 при точении стали 45 с введением в воздушный поток частиц масла И-20А с расходом 0,2 г/час:

- 1- свободный полив, 2 – обдун с маслом И-20А 1 г/час, 3 – напряжение на электроде 5.5 кВ, 4 – напряжение 10 кВ, 5 – напряжение 14 кВ, 6 – напряжение -1,5 кВ, 7 – напряжение -3 кВ, 8 – напряжение -5 кВ, 9 – напряжение -8 кВ, 10 – напряжение -10 кВ. $V=1.2$ м/с, $S= 0.1$ мм/об., $t=0,5$ мм

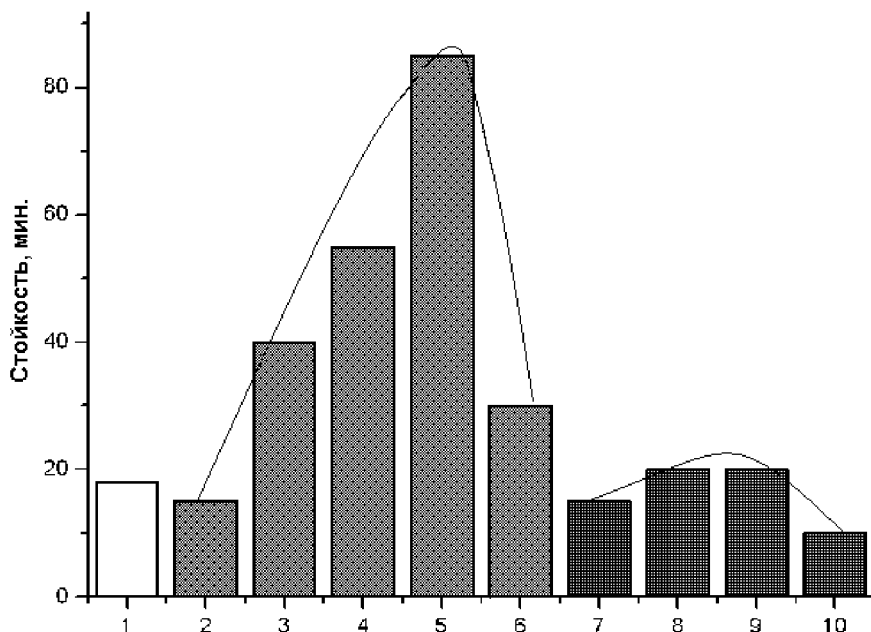


Рис. 3. Стойкость упорнопроходных резцов из быстрорежущей стали Р6М5 при точении стали 45 при введении в воздушный поток масла И-20А с расходом 1 г/час:

- 1- свободный полив, 2 – обдув маслом 1 г/час, 3 – напряжение на электроде 3 кВ, 4 – напряжение 5 кВ, 5 – напряжение 10 кВ, 6 – напряжение 14 кВ, 7 – напряжение -3 кВ, 8 – напряжение -5 кВ, 9 – напряжение -8 кВ, 10 – напряжение -10 кВ. $V=1.2$ м/с, $S=0.1$ мм/об., $t=0,5$ мм

При этом экспериментами установлено, что на эффективность предлагаемого метода оказывают значительное влияние концентрация масла в воздушном потоке, знак и величина потенциала на коронирующем электроде. Так, в экспериментах зафиксировано, при малых количествах масла (порядка 0,2 г/час) максимальная износостойкость резцов наблюдалась при отрицательном потенциале на электроде. При положительном потенциале износостойкость инструмента находилась на уровне неионизированного состояния (рис.4). При увеличении концентрации масла до 0,5 г/час стойкость резцов как при использовании положительного потенциала, так и отрицательного, примерно одинакова и находится на уровне работоспособности инструмента при использовании неионизированной воздушно-масленной смеси. Дальнейшее увеличение расхода масла до 1 г/час приводило к тому, что максимальная работоспособность резцов соответствовала использованию положительной короны. При этом, стойкость инструментов с использованием отрицательной короны снижалась до значений неионизированного воздушного потока.

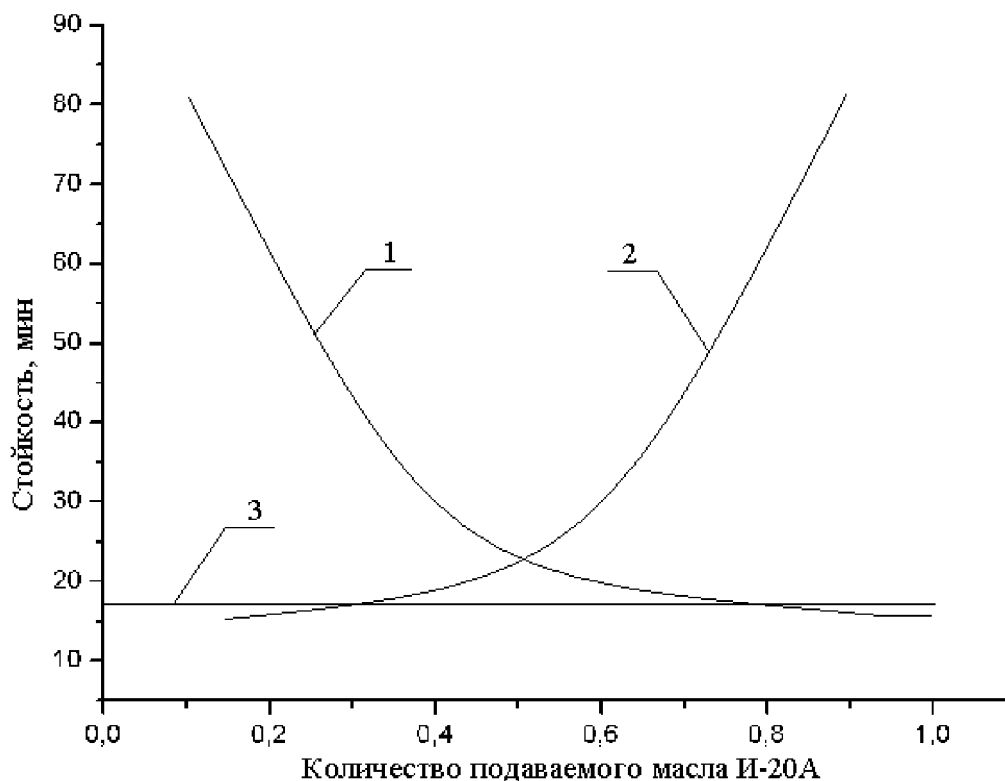


Рис. 4. Зависимость стойкости упорнопроходных резцов из быстрорежущей стали Р6М5 при точении стали 45с использованием в качестве СОТС ионизированного воздушного потока, имеющем в своем составе масло И-20А:

- 1 - отрицательный потенциал на короне. 2 - положительный потенциал на короне.
- 3 - неионизированный воздушно-масляный поток. $V=1.2$ м/с, $S=0.1$ мм/об., $t=0,5$ мм

В ходе экспериментов было так же установлено, что при одном и том же знаке потенциала увеличение количества масла в воздухе приводило к смещению максимума работоспособности инструментов в сторону больших значений потенциала.

Полученные результаты свидетельствуют о протекании достаточно сложных параллельно происходящих физико-химических процессах, протекающих как в самой плазменной внешней среде, так и в зоне контакта инструмента с обрабатываемым материалом.

По нашему мнению, основой этих процессов является частичное или полное разрушение СОТС в зоне действия коронного разряда. Причем, интенсивность этих процессов, а так же порядок разрушения веществ, главным образом, зависит от концентрации масла в воздушном потоке. При этих потенциалах не исключено образование новых соединений, фазовый состав которых так же зависит от количества исходных веществ и напряженности поля вокруг коронирующего электрода.

Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что ионизированный воздушный поток, имеющий в своем составе нано- и микродозы органических смазочных веществ оказывает положительное действие на работо-

способность инструментов из быстрорежущих сталей. Механизм действия такой технологической среды требует дальнейшего изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ахматов А.С.* Молекулярная физика граничного трения. М.: Физматгиз, 1963. 462 с.
2. *Ахмедзянов И.Д., Бедункевич В.В., Верещагин И.П., Ильин В.И.* Использование электронно-ионной технологии для повышения эффективной обработки резанием // Материалы семинара “электрокаплетруйная технология и реализация программы “Интенсификация-90”. Ленинград. 1989. с. 43-47.
3. *Ахмедзянов И.Д., Ильин В.И., Кирий В.Г.* Влияние униполярного коронного разряда на процесс обработки резанием // ЧувГУ, г. Чебоксары, 1987. с. 132-139.
4. *Латышев В.Н.* Повышение эффективности СОЖ. М.: Машиностроение, 1985. 64 с.
5. *Латышев В.Н., Наумов А.Г., Аснос Т.М., Бахарев П.П.* Влияние воздушной среды, активированной коронным разрядом, на процесс резания металлов // Физика, химия и механика трибосистем. №2. Иваново 2003. с. 14-16.
6. *Минеев Л.И., Латышев В.Н., Наумов А.Г.* Анализ использования сухого электростатического охлаждения при металлообработке. // Физика, химия и механика трибосистем. №2. Иваново 2003. с.24 -27.
7. *Подураев В.И., Татаринев А.С., Петрова В.Д.* Механическая обработка с охлаждением ионизированным воздухом // Вестник машиностроения, 1991. № 11. С.27-31.
8. *Проклад В.А., Горелов В.А., Полоскин Ю.В., Петухов А.Н., Верещака А.С., Хаустова О.В.* Влияние условий экологически безопасного резания с охлаждением ионизированной газовой средой на качество поверхностного слоя и долговечность деталей // Тез. докл. Научно-технического симпозиума “Двигатели и экология”. М.: ВВЦ. 2002.
9. *Yamaga Joji, Mori o I c/o* US Patent 3,938,345 Cooling method by use of corona discharge. 02.17.1976

УДК 32:614.84 (075)

Н. С. Никулина, Д. В. Каргашилов

ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России

ПОВЫШЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В работе рассмотрен способ огнезащиты древесины. В качестве состава был использован продукт, полученный на основе отхода нефтехимического производства.

Ключевые слова: полимерные материалы, древесина, пропитка, огнезащита.

N. S. Nikulina, D. V. Kargashilov

INCREASE OF FIRE RESISTANCE OF BUILDING STRUCTURES

The paper considers the method of fire protection of wood. As a composition, a product obtained on the basis of a petrochemical production waste was used.

Keywords: polymeric materials, wood, impregnation, fire protection.

Древесные материалы и изделия находят широкое применение в различных отраслях промышленности. Эстетические свойства и экологичность являются отличительными характеристиками древесных конструкций. Наибольшую значимость в столярном деле занимают лиственные породы деревьев. Из всего многообразия лиственных пород в первую очередь следует выделить такие ценные породы древесины: дуб, бук, ясень, клён, вишня, акация, орех и др. [1]. Ценность этих пород заключается в их прочности, долговечности и неповторимости рисунка. Однако древесина обладает не только положительными свойствами, но и как любому материалу ей присущи свои недостатки. К одним из таких относится - очень быстрое воспламенение при пожаре, поэтому обработка деревянных элементов строения огнезащитным составом является наилучшим способом защиты зданий от возгорания. Обработка деревянных сооружений антипиренами позволит уменьшить количество пожаров в десятки раз.

Таким образом, древесина является одним из наиболее популярных строительных материалов из-за своей невысокой стоимости, в результате этого существует необходимость обработки ее огнезащитными составами и чтобы избежать пожара, нужно незадолго до строительства покрыть и пропитать древесину антипиреном.

Российский рынок огнезащитных составов насыщен широким ассортиментом – разные производители, разное качество и цены, что заставляет потребителя делать нелегкий выбор.

Кроме этого, в настоящее время в производстве композитов широкое применение находят техногенные отходы различных производств. Поиски наиболее прогрессивных методов их переработки имеют важное научное и прикладное значение, так как позволяют снизить потери ценного углеводородного сырья, получить продукты, обладающие комплексом новых свойств и улучшить экологическую обстановку. Переработка отходов и побочных продуктов позволит получить новые полимерные материалы и продукты, композиционные составы, придать изделиям ряд дополнительных новых свойств или улучшить существующие показатели.

Так отходы, образующиеся при производстве бутадиенового каучука, могут служить исходными материалами для получения низкомолекулярных продуктов, которые могут быть использованы в композиционных составах различного назначения.

Процесс получения пропитывающего состава проходит в два этапа. На первом этапе: в трехгорловую колбу снабженную мешалкой, холодильником и капельной воронкой помещали отход нефтехимической промышленности. Отдельно приготавливали расчетное количество брома в смеси с растворителем. Полученную смесь брома в растворителе переливали в капельную воронку и при непрерывном перемешивании подавали на смешение. Подачу брома осуществляли по каплям с такой скоростью, чтобы температура реакционной массы не поднималась выше 30 °С. Кроме этого смешение продуктов осуществляли при работающем обратном холодильнике, что в случае повышения температурного режима и испарения брома и отхода будет способствовать их кондиционированию в холодильнике и возвращению назад в зону реакции. После введения расчетного количества брома перемешивание продолжали еще в течение 1 часа для завершения реакции и повышения выхода бромированного отхода. На втором этапе осуществлялась отгонка не присоединенного брома, растворителя и непрореагированного отхода нефтехимии. Подготовленный таким образом состав подвергали испытаниям.

Для испытания использовали образцы древесины сосны. Состав наносили на поверхность при помощи кисти. Глубина пропитки составила 2 мм. Расход полученного состава составил 104 г/м². Полученные образцы древесины по декоративным (текстура и цвет) свойствам напоминали такие ценные породы древесины как дуб и каштан.

Определение огнезащитной эффективности проводили по методике приведенной в НПБ 251-98 [2]. Метод определения огнезащитной эффективности является классификационным и применяется при установлении группы огнезащитной эффективности. Образцы для проведения испытаний изготавливали из прямослойной воздушно-сухой древесины сосны с влажностью не более 15% и плотностью от 400 до 550 кг/м³. Образцы древесины выполнены в виде прямо-

угольного бруска с поперечным сечением 30×60 мм и длиной 150 мм. Отклонение от размеров образцов не должно превышать ±1 мм.

Оценку огнезащитной эффективности определяли по разнице масс до и после испытания. За результат испытания принимают среднееарифметическое значение не менее 10 определений, округленное до целого числа процентов.

По результатам испытания устанавливают группу огнезащитной эффективности испытанного состава при данном способе его применения.

При потере массы не более 9% для состава устанавливают I группу огнезащитной эффективности. При потере массы более 9%, но не выше 25%, для состава устанавливают II группу огнезащитной эффективности.

На рисунке показана сравнительная характеристика полученного состава в сравнении с широко используемыми в настоящее время составами.

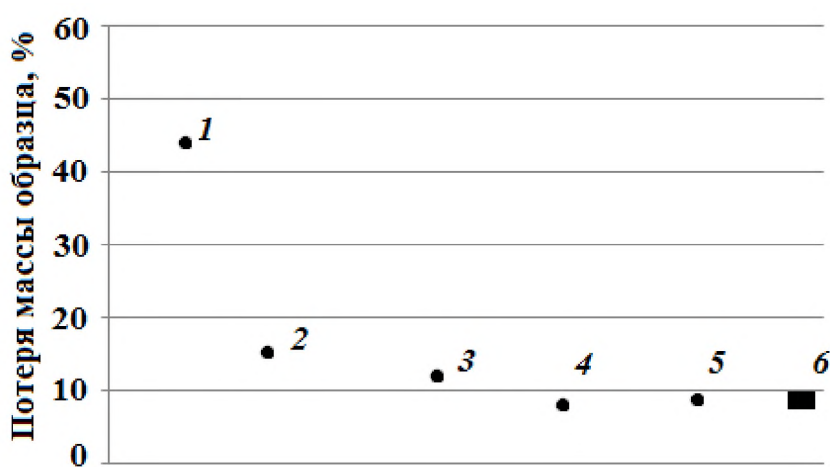


Рис. 1. Сравнительная характеристика огнезащитных составов
 1 – древесина необработанная; 2 – состав «Негорин»;
 3 – состав «Пирилакс»; 4 – состав «МПВО»;
 5 – состав «Огракс-В-СК»; 6 – древесина пропитанная составом на основе отходов нефтехимии

Установлено, что древесина обработанная составом на основе отходом нефтехимии относится в I группе огнезащитной эффективности (потеря масс до 9%). Таким образом, полученный положительный результат свидетельствует о возможности использования отходов для получения антипирящих составов и о перспективах дальнейших более детальных исследований.

Выводы

1. В настоящее время проблема связанная с огнезащитой остается все также актуальной, а применение для огнезащитного состава отходов нефтехимического производства может улучшить экологичность процесса производства синтетического каучука.

2. Изучение процесса защитной обработки древесины с применением побочных продуктов нефтехимии, показало что данный продукт может быть использован в качестве антипирящего состава.

3. При использовании в качестве антипирящих составов побочных продуктов нефтехимии, содержащих в своем составе галоген содержащие группы позволяет получить образцы древесины первой группы огнезащитной эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никулина Н.С., Шамаев В.А., Медведев И.Н. Модифицирование древесины. Москва, из-во «Флинта» и «Наука», 2013 г. – 448 с.
2. НПБ 251-98 «Огнезащитные средства и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний».

УДК 621.892:621.899

Ю. П. Осадчий^{}, И. Н. Пахотина^{*}, Н. Е. Пахотин^{*}, С. С. Харченко^{**}*

^{*} ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет

^{**} ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ

Предлагается новая комплексная технология очистки и восстановления отработанных масел, которая включает и наночистку. Наночисточные мембраны обеспечивают высокую степень очистки и позволяют уменьшить объем утилизации смазочных материалов и улучшить экологическую обстановку.

Ключевые слова: нанотехнология, мембрана, регенерация, отработанные масла.

Yu. P. Osadchy, I. N. Photina, N. E. Pahotin, S. S. Kharchenko

THE APPLICATION OF NANOTECHNOLOGY TO THE PURIFICATION AND RECOVERY OF WASTE OILS

A new integrated technology for purification and recovery of waste oils, which includes nanofiltration. Nanofiltration membranes provide a high degree of cleaning and reduce the amount of utilization of lubricants and to improve the environmental situation.

Keywords: nanotechnology, membrane regeneration, waste oil.

Любой живой организм из различных газовых и жидких смесей умеет выбрать нужный компонент и получить его в чистом виде. Природа изобрела свой инструмент, способный разделять атомы и молекулы по ничтожным различиям в массе, размере, химических и физических свойствах. Инструмент этот называется полупроницаемая мембрана. Название возникло из свойств мембраны избирательно пропускать одно вещество и задерживать другое. Мембрану

можно рассматривать как важнейший орган живого организма, который стал не только механической защитной оболочкой, но и «умным барьером», который определяет, что пропустить внутрь, а что нет. Понятно, что первым стало получение воды – обессоленной, питьевой, сверхчистой. Далее пришла очередь пищевой промышленности. Ведь получить чистой масло, вкусные соки, новые продукты из молока гораздо проще и естественней на мембранах, чем дистилляцией, сорбцией или экстракцией. Мембранная технология позволяет решить проблемы неполной утилизации сырья и перехода на непрерывный способ производства. Удивительные перспективы открывает мембранное разделение жидких смесей, к которым относят отработанные масла.

В последнее время во всем мире мембраны применяют для обессоливания морской воды до питьевой, для концентрирования, очистки и разделения растворов высокомолекулярных соединений в различных отраслях промышленности, в том числе автомобильной. Развитие автомобильной промышленности повлекло за собой появление разнообразных по виду и токсичности отходов, среди которых значительную часть представляют отработанные масла [1].

Отработанные масла относят к отходам с высоким классом токсичности. Отработанные смазочные материалы содержат в своем составе различные металлы, результаты старения, углеводороды нафтеновые, парафиновые, ароматические, смолы, минеральные кислоты, минеральная пыль, асфальто-смолистые соединения, сложные эфиры.

Мембранные процессы – это процессы разделения, осуществляемые на полупроницаемых мембранах под действием приложенной движущей силы. К наиболее распространенным промышленным мембранным процессам относятся обратный осмос, ультра-, микро- и нанофильтрацию [2].

Микрофильтрационные мембраны с размером пор 0,1 – 1,0 мкм задерживают мелкие взвеси и коллоидные частицы, определяемые как мутность. Как правило, они используются, когда есть необходимость в грубой очистке, или для предварительной подготовки перед более глубокой очисткой.

Ультрафильтрационные мембраны с размером пор от 0,01 до 0,1 мкм удаляют крупные органические молекулы, коллоидные частицы, бактерии и вирусы, не задерживая при этом растворенные соли. Такие мембраны обеспечивают стабильно высокое качество очистки от вышеперечисленных примесей, не изменяя при этом основной минеральный состав.

Обратноосмотические мембраны содержат самые узкие поры и потому являются самыми селективными. Они задерживают большую часть растворенных солей и органических веществ (в том числе железо).

Процесс фильтрования растворов под давлением, превышающем осмотическое, через полупроницаемые мембраны, пропускающие растворитель и задерживающие растворенное вещество называется нанофильтрацией. Нанофильтрационные мембраны характеризуются размером пор от 0,001 до 0,01 мкм. Они задерживают органические соединения с молекулярной массой выше 300 и пропускают 15-90 % солей в зависимости от структуры мембраны. Основные достоинства наноразделительных систем - высокая степень очистки,

стабильное качество, универсальность метода, небольшие габариты установок, длительный срок службы мембран. Предлагается устройство и комплексная технология концентрирования, разделения и очистки отработанных масел при оптимальном сочетании баромембранной технологии с традиционными методами очистки. Новая комплексная технология включает механическую фильтрацию, центробежную сепарацию и нанофильтрацию. Это позволяет обеспечить степень очистки отработанного масла до 85%. А также позволяет значительно уменьшить объем утилизации смазочных материалов и улучшить экологическую обстановку.

Современное состояние мембранного рынка показывает устойчивую тенденцию к расширению области применения нанофильтрационных мембран. Разработка метода нанофильтрации, как разновидность обратного осмоса с низкими солезадерживающими способностями позволяет применять этот метод для очистки отработанных масел наряду с традиционными методами. Высокая эффективность нанофильтрационных мембран обусловлена резким снижением концентрации органических загрязнений, как высокомолекулярных, так и низкомолекулярных, в том числе хлорорганических веществ, особенно опасных для здоровья людей.

Регенерация самый предпочтительный способ утилизации отработанного масла для окружающей среды. Результат регенерации используют для производства того же масла. Такой способ помогает экономить сырье и является экологически безопасным. При тщательном соблюдении технологии регенерации, качество масла мало отличается от нового масла. В дальнейшем масла смешиваются для получения необходимой вязкости и к ним добавляются присадки, как при производстве новых товарных масел. Выход регенерированного масла достигает 75-80% от исходного сырья. Регенерировать можно моторные, гидравлические, промышленные отработанные масла.

Именно нанофильтрационный процесс может оказать решающее влияние на формирование нового направления в регенерации отработанных масел [3].

По уровню пожарной опасности отработанные смазочные материалы отнесены к III классу опасности. В соответствии с установленными правилами, отработанные масла должны собираться отдельно от других отходов в специально предназначенные, герметически закрываемые емкости. Условия сбора, хранения и транспортирования отработанных масел учитывают их высокую пожаро- и взрывоопасность. Особенно это относится к маслам, загрязненным легкоиспаряющимися жидкостями. Хранение на территории предприятия горюче-смазочных материалов несет в себе высокий потенциальный риск пожарной опасности. Самовозгорание может происходить через окисление кислородом воздуха. Повышению пожаро- и взрывоопасности безопасности и экономической эффективности использования отработанных масел способствуют нанотехнологии регенерации с целью восстановления их первоначальных свойств.

Регенерированные масла можно использовать в качестве базового масла и после введения присадок их можно использовать повторно. Масла также можно использовать в качестве печного топлива, а асфальто-смолистые примеси - для производства строительных битумов. Актуальность проблемы снижения воздействия отработанных масел на биосферу за счет их очистки и восстановления не вызывает сомнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пахотина И.Н., Осадчий Ю.П., Пахотин Н.Е.* Экологическая безопасность технологического процесса переработки отработанных моторных масел. Проблемы и инновации в области механизации и технологий в строительных и дорожных отраслях: Сборник научных трудов по материалам международной научной конференции. – Саратов: СГТУ, 2016.- С. 70-73.

2. *Пахотина И.Н., Осадчий Ю.П., Пахотин Н.Е.* Методы регенерации отработанных моторных масел. Пожарная и аварийная безопасность: Материалы VIII Международной научно-практической конференции. Иваново: Ивановский институт ГПС МЧС России, 2013. - С. 241-244.

3. *Пахотина И.Н., Осадчий Ю.П., Пахотин Н.Е.* Новые технологии регенерации отработанных моторных масел. Проблемы и инновации в области механизации и технологий в строительных и дорожных отраслях: Сборник научных трудов по материалам международной научной конференции. – Саратов: СГТУ, 2015.- С.109-112.

УДК 614.842

А. Ю. Отегова, А. Ш. Мамедов

ФГБОУ ВО Уральский государственный горный университет

МИНЕРАЛЬНЫЕ ОТХОДЫ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И ИХ ПАСПОРТИЗАЦИЯ С ЦЕЛЬЮ ПЕРЕРАБОТКИ

Рассмотрена необходимость паспортизации минеральных отходов горного предприятия и определены показатели.

Ключевые слова: минеральные отходы, показатель воздействия, паспортизация.

A. Y. Otegova, A. Sh. Mammadov

MINERAL WASTE THE MINING COMPANIES AND THEIR CERTIFICATION FOR PROCESSING

The need for certification of mineral wastes of mining enterprise, and identify indicators.

Keywords: mineral waste, the impact indicator, certification.

Паспортизация минеральных отходов является частью общей системы построения экологического паспорта горного предприятия. Цель паспортизации—аккумуляция информации об отходах горного предприятия и их основных характеристиках, дающих возможность получить ответ на вопрос о наиболее рациональном использовании и путях комплексной утилизации этих отходов.

Так как переработка минерального сырья может вестись на различных уровнях, начиная от чисто механического воздействия и кончая химическими превращениями вещества, то и комплекс свойств, предопределяющих возможности такой переработки, должен быть достаточно обширным. Исследования показывают, что паспорт минеральных отходов предприятия должен включать информацию о следующих показателях:

1. Показатели состава - породный, фазовый, элементный состав минерального сырья. Очень существенно, что информация о составе не может быть ограничена только химическим или только минеральным составом. Известно, что минералы не строго постоянные по химическому составу, а химический состав непосредственно не определяет свойства породы в целом — только через минеральный состав. Породный же состав необходим потому, что в минеральных отходах горного предприятия, как правило, присутствует смесь различных пород.

2. Показатели строения - удельная поверхность, гранулометрический состав, форма частиц рыхлой породы, неоднородность по размерам и форме, трещиноватость и слоистость, общая и открытая пористость, размеры пор.

Все эти параметры необходимы, во-первых, как характеристики качества разрыхленной горной породы (возможно ее использование в различных областях в зависимости от величины перечисленных параметров), во-вторых, как факторы, предопределяющие эффективность дальнейшего воздействия на породу в процессе ее переработки.

1. Показатели воздействия механического поля: а) прочность — при статических нагрузках; при динамических нагрузках; на истирание; б) показатели деформирования: сжимаемость (пластическая деформируемость); упругость (упругая деформируемость); консолидация (уплотняемость).

2. Показатели воздействия гидравлического поля: гидропластичность; размокаемость; физическая растворимость; смачиваемость; сорбционная способность; адгезионная способность; набухаемость.

3. Показатели воздействия теплового поля: дегидратируемость; термическая деструкция; плавкость; спекаемость; вспучиваемость; термопластичность; термопрочность, морозостойкость; термическая усадка.

4. Показатели воздействия электромагнитного поля: потенциал разложения; электроосмотическая упрочняемость; электронагреваемость; электрическая прочность; намагничиваемость.

5. Показатели химического воздействия: химическая растворимость; окисляемость; горючесть; восстанавливаемость; реакционная активность в растворах; реакционная активность в расплавах.

6. Показатели экологичности переработки; содержание вредных, токсичных и радиоактивных компонентов; выделение вредных, токсичных и радиоактивных компонентов в продуктах воздействия.

С учетом изложенного, можно представить комплекс необходимых данных о минеральном сырье, подлежащем переработке, в виде соответствующего паспорта минеральных отходов горного предприятия. В основу паспорта заложено условие минимального, но достаточного для принятия базового решения о переработке минерального сырья набора данных.

Поэтому при наличии взаимосвязи между отдельными свойствами пород в паспорт включаются лишь исходные, базовые свойства. Если минеральное сырье представлено одним минералом, то необходимо знать лишь его химический состав, если одной породой — только химический состав и минеральный. Минеральные отходы могут иметь различную степень измельчения. Очевидно, что для крупнокусковых пород оценку их применимости целесообразно осуществлять (для случаев непосредственного использования, например, в строительстве) на кусках в отдельности. В то же время, мелкоизмельченная порода должна изучаться интегрально. Показатели качества, очень часто совпадают с другими свойствами. Кроме того, их набор широко варьирует в зависимости от областей использования. Поэтому в паспорте (за исключением особых случаев) они могут отдельно не выделяться. Точно так же экологические показатели определяются составом горных пород, поэтому информация о составе одновременно дает право судить и о возможном загрязнении окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев С.В., Усенко В.Р.* Гигиена труда. - М.: Медгиз, 1988.
2. *Безопасность жизнедеятельности / Под ред. С. В. Белова.* М.: Высшая школа, 1999.
3. *Безопасность жизнедеятельности / Под ред. З.Л. Арустамова.* М.: ИД «Дашков и К^о», 2001.
4. *Латин В.Л., Попов В.М., Рыжков Ф.Н., Толмаков В.И.* Безопасные взаимодействия человека с техническими системами. Курск: 1995.
5. *Долин П.А.* Справочник по технике безопасности. М.: Энергоатомиздат, 1985.

УДК 628.1

П. В. Пучков, А. А. Костяев

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РУКАВНЫХ СИСТЕМ НА ПОЖАРЕ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ РАЗРЫВЕ НАПОРНОГО РУКАВА

Предложена конструкция нового устройства для оперативного восстановления работоспособности рукавных систем на пожаре в случае поперечного разрыва напорного рукава.

Ключевые слова: пожарный рукав, зажим, конструкция, устройство, восстановление работоспособности.

P. V. Puchkov, A. A. Kostyaev

DEVICE FOR RECONCILIATION OF HOSE SYSTEM OPERATION ON FIRE WITH CROSS SECTION OF PRESSURE HOSE

The design of a new device for the immediate restoration of the operability of hose systems in a fire in the case of a transverse burst of a pressure hose is proposed.

Keywords: fire hose, clamp, construction, device, restoration of operability.

Известно, что напорные пожарные рукава в повседневной деятельности пожарно-спасательных подразделений используются значительно чаще, чем другие виды пожарного оборудования. При этом до 85% отказов пожарной техники приходится на долю пожарных рукавов. Поэтому обеспеченность пожарных частей напорными рукавами и их техническое состояние в значительной степени определяют боевую готовность и оперативность подразделений при тушении пожаров.

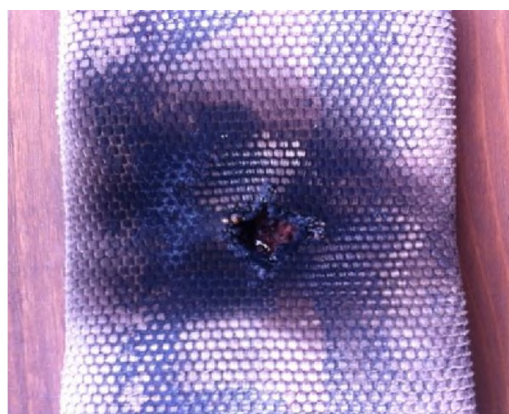
При тушении пожара напорные рукава подвергаются механическим воздействиям, в результате которых происходит повреждение рукава, что влечет снижение количества или прекращение подачи в зону горения огнетушащих веществ, увеличение времени тушения и материального ущерба от пожара. По статистике разрыв пожарных рукавов происходит на 65 % из-за механических повреждений при прокладке магистральных и рабочих линий, при этом повышение рабочего давления в рукавной системе приводит к потерям огнетушащих

веществ и появлению свищей, продольных и поперечных разрывов, а также ослаблению навязки соединительных головок.

Основными причинами выхода из строя пожарных рукавов являются: разрывы и проколы, прогары, порезы оболочки, отслоение внутреннего слоя и разъедание оболочки агрессивными веществами, что свидетельствует об изношенности рукавов в связи с большими сроками эксплуатации рукавов на пожарах, а также абразивный износ у соединительных головок [3] (см. рис. 1).



а)



б)



в)



г)

Рис. 1. Разновидности повреждений пожарных напорных рукавов:
а – разрыв рукава; б – прогар рукава; в – отслоение внутреннего слоя рукава;
г – порез рукава

Исходя из этого обеспечение и повышение надежности работы пожарных напорных рукавов при тушении пожара и проведении аварийно-спасательных работ является на сегодняшний день актуальной проблемой.

При возникновении течи в напорном рукаве, она должна быть немедленно устранена путем установки рукавных зажимов. В зависимости от размера повреждения напорного рукава, могут использоваться следующие рукавные зажимы:

а) ленточный зажим (см. рис. 2) используется для ликвидации течи в напорном рукаве из отверстий диаметром до 2 см или разрывов длиной до 3 см.

К недостаткам устройства следует отнести: большой вес, низкую коррозионную стойкость, невозможность ликвидировать большие (продольные и особенно поперечные разрывы рукавов). Достоинствами данного устройства являются: высокая мобильность устройства и высокая скорость установки устройства на рукавную линию.



Рис. 2. Ленточный зажим

б) корсетный зажим (см. рис. 3) используется для ликвидации течи в рукавах из продольных разрывов длиной до 10 см.

К недостаткам данного устройства можно отнести: невозможность ликвидировать большие (продольные, особенно поперечные разрывы рукавов), низкую скорость ликвидации течи в рукавной линии, высокую трудоемкость установки устройства на рукавную линию.

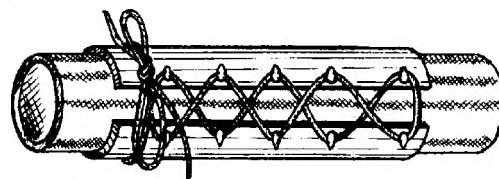


Рис. 3. Корсетный зажим, установленный на рукаве

Также существует устройство, предназначенное для крепления пожарного рукава на втулке соединительной головки (см. рис. 4). Если на пожаре произойдет ослабление или разрушение навивки на втулке соединительной головки и пожарный рукав сползет со втулки, то его можно будет оперативно закрепить с помощью данного устройства.

К недостаткам данного устройства следует отнести: снижение работоспособности резьбы в условиях грунтовой загрязненности и как следствие снижение надежности устройства в целом, низкая коррозионная стойкость, невозможность ликвидировать разрывы рукавов [1].

Рис. 4. Крепежное устройство для зажима каркаса напорного рукава, крепежное устройство для зажима каркаса напорного рукава на втулке соединительной головки

Проанализировав возможные причины отказов пожарных напорных рукавов и современные способы устранения неисправностей на пожаре или ликвидации чрезвычайной ситуации, возник вопрос о разработке нового устройства, позволяющего нивелировать недостатки рассмотренных выше устройств. Разработанное устройство для восстановления работоспособности рукавных систем на пожаре, должно обеспечить оперативное восстановление вышедшего из строя рукава с высоким качеством устранения неисправностей и способное обеспечить в полном объеме работоспособность рукава [2,4].

Исходя из тактических возможностей дежурной смены на пожаре при выходе из строя напорного рукава, вследствие разрыва, провести оперативный ремонт в настоящее время не представляется возможным. Для решения этой технической задачи было спроектировано устройство для восстановления работоспособности рукавных систем на пожаре. Устройство для восстановления работоспособности рукавных систем на пожаре состоит из следующих составных частей: соединительной втулки, двух зажимов, оси для крепления зажимов на соединительной втулке и двух винтов - барашков (см. рис. 5).

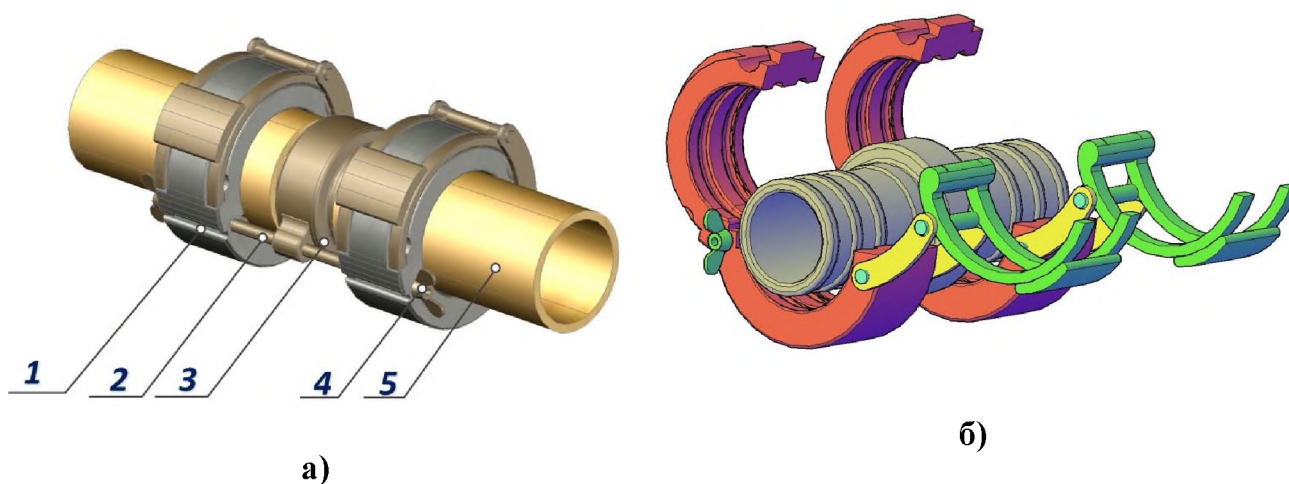


Рис. 5. Устройство для восстановления работоспособности рукавных систем на пожаре: 1 - зажим; 2 – ось; 3- втулка; 4- винт барашек; 5- пожарный напорный рукав: а) устройство в закрытом состоянии; б) устройство в раскрытом состоянии

При возникновении разрыва рукава участникам тушения пожара рекомендуется использовать разработанное устройство для восстановления работоспособности рукавной линии и выполнить следующие действия:

1. Подать команду о прекращении подачи огнетушащих веществ в рабочую линию
2. Провести визуальный осмотр предполагаемого места установки устройства, удаление инородных тел (очистка) с внутреннего гидроизоляционного покрытия. Раскрыть зажимы устройства для восстановления работоспособности рукавных систем как показано на рис. 5б.

3. Взять в руки концы разорванного рукава и плотно накинуть их на втулку с двух сторон навстречу друг другу.

4. Закрепить каркас рукава на втулке посредством их фиксации с помощью двух зажимов. Для фиксации рукава необходимо захват прижимной скобы завести в паз верхнего полукольца и зафиксировать прижимную скобу.

5. Подать команду о заполнении рабочей линии огнетушащим веществом, путем постепенного открытия клапанов разветвлений.

Данное устройство позволит не только оперативно восстановить работоспособность рукава имеющего поперечный разрыв, но и в случае ослабления или разрушения навязки на соединительной головке рукава зафиксировать рукав с помощью съемных зажимов, находящихся на предложенном устройстве (см. рис. 6) [5,6].

Подводя итог вышесказанному можно сделать вывод, что различные повреждения рукавов при тушении пожаров случаются достаточно часто, что снижает эффективность подачи огнетушащих веществ через рукавные линии. Устройство для восстановления работоспособности рукавных систем на пожаре позволит оперативно восстановить работоспособность вышедшего из строя напорного рукава при его поперечном разрыве или при ослаблении навязки на соединительной втулке полугайки.

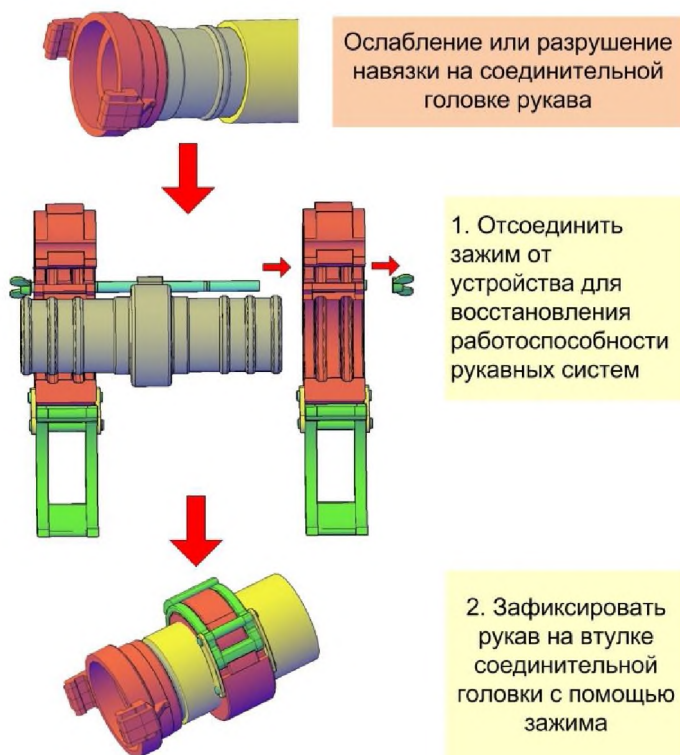


Рис. 6. Порядок закрепления напорного рукава на втулке соединительной головки

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожарная техника: Учебник / Под ред. М.Д. Безбородько.-М.: Академия ГПС МЧС России, 2004.-550 с.

2. Киселев В.В. Меры по снижению износа деталей пожарной техники. // NovalInfo.Ru. – 2016. – Т. 1. – № 51. – С. 37-40.

3. Мальцев А.Н. Сравнительный анализ характеристик быстроразъемных соединений, применяемых в пожарной отрасли российской федерации и за рубежом // novainfo.ru (электронный журнал.) – 2016 г. – № 55; url: <http://novainfo.ru/article/8842>

4. Пучков П.В. К вопросу повышения долговечности соединительных рукавных головок//NovaInfo.Ru.– 2016 г. – № 54 – С.

5. Пучков П.В. К вопросу о коррозии машин и механизмов// NovaInfo.Ru – 2016 г. – № 53. С.63-66

6. Пучков П.В., Киселев В.В., Топоров А.В. Защита водопенных коммуникаций пожарных автомобилей от коррозионного разрушения. Материалы XII Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире». – СПб, «Стратегия будущего», 15 декабря 2015. – Том 1. с. 107 - 110

УДК 621.9.079

Д. С. Репин, А. И. Графский

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРИ ЛЕЗВИЙНОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ

Представлены результаты испытаний по влиянию полимерных присадок на смазочную способность СОТС при обработке различных металлов резанием. Произведены исследования остаточных напряжений в поверхностных слоях стали 45 и титанового сплава VT1-0 при использовании полимерсодержащих СОТС как с применением, так и без применения активацией коронным разрядом.

Ключевые слова: остаточные напряжения, аварийно-спасательная техника, механическая обработка металлов резанием.

D. S. Repin, A. I. Grafskiy

STRESS STRENGTH OF SURFACE LAYER FOR BLADE METAL PROCESSING

The results of tests on the effect of polymeric additives on the lubricity of lubricant-cooling agent during the processing of various metals by cutting are presented. Investigations of residual stresses in the surface layers of steel 45 and titanium alloy VT1-0 with the use of polymer-containing of lubricant-cooling agent both with and without corona activation were carried out.

Keywords: residual stresses, rescue equipment, machining of metals by cutting.

В современной технике обработка металлов резанием на металлорежущих станках имеет большое значение, ей подвергается большинство деталей машин.

При механической обработке металлов резанием, так или иначе, в поверхностном слое обрабатываемого металла возникают пластические деформации. Пластическая деформация вызывает остаточные напряжения, которые распространяются приблизительно на глубину наклепанного слоя. Остаточные напряжения образуются при неравномерности пластической деформации и значительном нагреве поверхностных слоев обрабатываемой детали. Под действием тепла, возникающего в процессе резания, верхние слои нагреваются до высоких температур. После прекращения обработки резанием происходит охлаждение этих слоев, сопровождающееся их сжатием, но сжатию верхних слоев препятствуют нижние слои, оставшиеся охлажденными. В итоге в верхних слоях появляются остаточные напряжения растяжения, а в нижних — уравнивающие их напряжения сжатия. В зависимости от условий резания преобладают те или иные остаточные напряжения. При больших температурах резания, к примеру, при шлифовании в поверхностном слое обрабатываемой детали могут происходить структурные изменения. Установлено, что при остаточных напряжениях сжатия предел выносливости деталей увеличивается, а при остаточных напряжениях растяжения — понижается.

Так, анализ состояния пожарной и аварийно-спасательной техники показывает, что основными причинами отказов является преждевременный износ трущихся частей. Поэтому, одно из направлений в системе МЧС России при эксплуатации автотранспортных средств, является повышение их надежности. В современной пожарной и аварийно-спасательной технике широкое применение нашли различные виды сталей и сплавов с износостойчивыми свойствами. Так, например, в пожарной технике стали используются для изготовления шпинделя и его опорной гайки в пожарном гидранте, поршневые пальцы, коленчатые и распределительные валы двигателей внутреннего сгорания. Производство выше перечисленных изделий неразрывно связано с механической обработкой и на этой стадии целесообразно применение смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС).

Перспективным путем решения ряда этих задач является совершенствование СОТС посредством введения в них различных по природе и химическому строению функциональных присадок. В качестве присадок к СОТС были выбраны - полиэтиленгликоль (ПЭГ) и поливиниловый спирт (ПВС) [3]. Для повышения эффективности используемых СОТС была произведена их предварительная активация с помощью коронного разряда. В данной работе были изучены остаточные микронапряжения, при использовании в качестве СОТС полимерсодержащих средств активированных коронным разрядом [1].

Особенность остаточных напряжений после механической обработки состоит в том, что они действуют практически только в поверхностных слоях глубиной несколько десятков микрон. Однако, как показывает опыт экс-

плуатации, остаточные напряжения в поверхностных слоях могут повлиять на прочность всей детали, особенно при действии переменных напряжений.

Были произведены исследования остаточных напряжений в поверхностных слоях стали 45 и титанового сплава ВТ1-0 после обработки инструментом изготовленного из быстрорежущей стали марки Р6М5. При резании стали 45 напряжения в поверхностном слое были сжимающими. Наименьшие остаточные напряжения по всей глубине залегания наблюдались после обработки с применением отрицательно активированного полимерсодержащего СОТС. Также было замечено незначительное уменьшение остаточных напряжений при использовании неактивированных полимерсодержащих СОТС. Наибольшие сжимающие напряжения наблюдались при использовании положительно активированного полимерсодержащего СОТС. Установлено, что максимальное уменьшение величины остаточных напряжений составляет величину порядка 20% по сравнению с базовым СОТС и порядка 10% по сравнению с положительно активированным СОТС, что свидетельствует об облегчении процесса резания [2].

Изучение остаточных напряжений в поверхностных слоях титанового сплава ВТ1-0 выявили присутствие растягивающих напряжений. При использовании неактивированных СОТС изменение остаточных напряжений не было зафиксировано. Положительная активация способствовала незначительному увеличению поверхностных растягивающих напряжений, изменения наблюдаются на глубине 150–350 мкм. При этом стоит заметить, что эмульсия при данной активации наоборот, уменьшает напряжения. Введение отрицательно активированных сред способствует снижению напряжений на глубине от 150 до 300 мкм на величину.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Латышев В.Н., Наумов А.Г., Раднюк В.С., Ретин Д.С., Курапов К.В., Маршалов М.С., Жуковский С.А., Ткачук О.В. Экспериментальные исследования трибологических явлений при резании материалов // Трение и износ том 31, № 5 2010 с. 500-510.
2. Подзолков А.И., Дубовик Ю.А., Бабенко Д.А. Влияние полимерсодержащих смазочно–охлаждающих технологических средств на эффективность резания металлов. Вестник ХНТУ № 3(29), 2007 г.
3. Химическая энциклопедия: В 5 т.: т. 3: Меди – Полимерные / Х 46 Редкол.: Кнунянц И.Л. (гл. ред.) и др. – М.: Большая Российская энцикл., 1992. – 639 с.: ил.

УДК 047.3:621.865.8:614.8

М. В. Савин, И. А. Пеньков, П. М. Литвин

ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОЖАРОВ И ВЗРЫВОВ НА ОБЪЕКТАХ СО ВЗРЫВАТЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Проводится анализ опыта применения робототехнических комплексов пожаротушения при проведении ликвидации последствий пожаров и взрывов боеприпасов на войсковых арсеналах.

Ключевые слова: робототехнические комплексы, пожар, арсеналы боеприпасов, чрезвычайные ситуации.

M. V. Savin, I. A. Penkov, P. M. Lytvyn

THE USE OF ROBOTIC SYSTEMS FOR LIQUIDATION OF CONSEQUENCES OF FIRES AND EXPLOSIONS AT FACILITIES WITH EXPLOSIVE MATERIALS

The analysis of the experience of robotic firefighting during the liquidation of consequences of fires and explosions of ammunition in military stockpiles.

Keywords: robotic systems, fire, arsenals of munitions emergencies.

В настоящее время на базах и арсеналах различных видов Вооруженных сил и родов войск скопились миллионы единиц различных боеприпасов, изготовленных, подлежащих списанию или уже списанных. Повышение чувствительности боеприпасов к внешним воздействиям, изменение физико-химических свойств снаряжения в процессе длительного хранения могут существенно повысить взрыво - пожароопасность взрывчатых веществ из-за увеличения скоплений в них продуктов распада, примесей кислот и щелочей. Таким образом, проблема возникновения ЧС в местах хранения боеприпасов является чрезвычайно важной.

В системе МЧС России для решения наиболее сложных и опасных задач применяются мобильные робототехнические комплексы (далее – РТК) разведки, аварийно-спасательных работ и пожаротушения.

РТК позволяют осуществлять тушение пожаров при ликвидации последствий ЧС на площадных, локальных и групповых объектах повышенной опасности при наличии угрозы жизни и здоровью спасателей и пожарных от радиационного, фугасно – осколочного, химического, термического поражения и бактериологического заражения.

На протяжении последних лет РТК пожаротушения успешно использовались в процессе проведения учений и тренировок сил и средств МЧС России, а также при ликвидации последствий пожаров и взрывов на объектах со взрывчатыми материалами.

26 мая 2011 г. на территории войскового арсенала № 99 ГРАУ Минобороны России в пос. Урман (Башкортостан) произошло возгорание порохов в хранилище 11, которое не удалось локализовать собственными силами войсковой части. Пожар распространился на склад сигнальных ракет, которые разлетелись в радиусе 300-400 м, что послужило причиной распространения пожара на другие склады боеприпасов и их последующего взрыва. В результате возникновения множественных очагов горения от разлетевшихся боеприпасов, их детонационного подрыва на технической территории арсенала размером 3×2 км из 129 сооружений было уничтожено 115. В общей сложности площадь сплошного разрушения составила около 95%. Разлет осколков и невзорвавшихся боеприпасов составил несколько километров, в результате чего были полностью уничтожены или частично повреждены не только служебные и жилые здания на территории войсковой части, но и в пос. Урман.

Для проведения пожарно-спасательных операций на войсковом арсенале № 99 ГРАУ Минобороны России 27 мая 2011 г. были направлены робототехнические комплексы ФГБУ ВНИИПО МЧС России: ЕЛЬ-10, ЕЛЬ-4 и ЛУФ-60. В ходе проведенных работ силами группировки на территории арсенала было потушено 16 объектов. Кроме того, ЛУФ-60 был задействован для тушения зданий жилого сектора в пос. Урман. В результате работы группировки 27 мая была потушена зона глубиной до 600-800 метров, что обеспечило возможность ввода людей и техники для окончательного дотушивания скрытых очагов горения. Управление мобильными робототехническими комплексами обеспечивалось в дистанционном режиме.

28 мая РТК приступили к работам на территории арсенала. РТК обеспечивали «прикрытие» применения инженерных машин разграждения (далее – ИМР) Минобороны России, осуществлявших расчистку проходов в завалах к местам видимых очагов горения. Было произведено тушение 7 очагов скрытого горения на местах разрушенных сооружений. В результате глубина проникновения РТК на территорию арсенала достигла 1000-1200 метров.

Применение РТК при ликвидации ЧС в Башкирии в дистанционно-управляемом режиме позволило работать в зонах с повышенным температурным режимом, не подвергая риску личный состав.

На войсковом арсенале № 102 ГРАУ Минобороны России в с. Пугачево Малопургинского района Удмуртской республики 2 июня 2011 г. по неустановленным причинам в юго-восточном секторе технической территории в одном из

хранилищ возник пожар. В результате возникновения множественных очагов горения от разлетевшихся боеприпасов, их детонационного подрыва на технической территории размером 4×4 км были полностью уничтожены 80 % зданий и строений южной и юго-восточной зоны арсенала. Разлет осколков и невзорвавшихся боеприпасов составлял несколько километров, в результате чего были полностью уничтожены и частично повреждены не только служебные и жилые здания войсковой части, но и здания, дома в с. Пугачево и прилегающих деревнях. Существовала реальная опасность пожара и подрыва складов реактивных снарядов (РС) находящихся в хранилищах.

Для проведения пожарно-спасательных операций на территории войскового арсенала № 102 Минобороны России 3 июня 2011 г. РТК ФГБУ ВНИИПО МЧС России в составе: ЕЛЬ-10, ЕЛЬ-4 и ЛУФ-60 прибыли к месту ЧС и были развернуты в зоне предполагаемых работ. Личный состав был защищен бронежилетами и касками. Применение РТК ЛУФ-60 ограничивалось по причине опасности фугасно-осколочного поражения и повреждения резиновых гусениц осколками, находящимися на земле.

В ходе ликвидации ЧС были потушены открытые очаги горения на территории общей площадью около 2600 кв.м. Использование РТК в дистанционно-управляемом режиме не позволило огню распространиться на хранилища с реактивными снарядами.

Далее, на войсковом арсенале ГРАУ Минобороны России в пос. Колтубановский Бузулукского района Оренбургской области 11 июня 2012 г. примерно в 12.00 произошло возгорание на одном из складов, которое не удалось локализовать собственными силами войсковой части. Вследствие этого пожар распространился на другие склады боеприпасов с их последующим взрывом. В результате возникновения множественных очагов горения от разлетевшихся боеприпасов, их детонационного подрыва на технической территории арсенала размером 83 га, площадь сплошного разрушения составила около 90%. Разлет осколков и невзорвавшихся боеприпасов составил несколько километров, в результате чего были полностью уничтожены и частично повреждены не только служебные и жилые здания войсковой части, но и здания в пос. Колтубановский.

Для проведения пожарно-спасательных операций были направлены РТК ФГБУ ВНИИПО МЧС России в составе: ЕЛЬ-10, ЕЛЬ-4. 12 июня 2012 г. РТК прибыли к месту ЧС и были развернуты в зоне предполагаемых аварийных работ[1].

РТК ФГБУ ВНИИПО МЧС России были выдвинуты для проведения разведки на территорию арсенала. Тушение было обусловлено необходимостью подавления очагов горения для исключения подрыва боеприпасов и поражения личного состава, который должен был войти на техническую территорию. В ходе проведенных работ силами РТК на территории арсенала было потушено 2

объекта общей площадью 2900 кв. метров, что обеспечило возможность выдвижения людей и техники для окончательного дотушивания скрытых очагов горения. Управление мобильными робототехническими комплексами обеспечивалось в дистанционном режиме.

На бывшем войсковом арсенале № 99 ГРАУ Минобороны России в пос. Урман Башкортостана в июне 2015 года в ходе проведения работ по очистке территории после ЧС 2011 года произошел подрыв неразорвавшихся боеприпасов, вследствие чего возникло возгорание на площади около 800 кв. метров. Для проведения пожарно-спасательных операций были направлены РТК ЕЛЬ-10 и ЛУФ-60. В ходе проведенных работ была протушена зона площадью до 800 кв. метров, что обеспечило возможность продолжить очистку территории бывшего арсенала. Управление мобильными робототехническими комплексами обеспечивалось в дистанционном режиме.

В результате проведенных аварийно спасательных работ и научно-исследовательских учений в последние годы силами ФГБУ ВНИИПО МЧС России сформулированы возможные риски и предполагаемые сценарии развития ЧС, разработаны методические рекомендации по применению подразделениями РТК различного класса и предназначения.

Практика применения РТК пожаротушения показала, что при ЧС различного масштаба обязательным условием является необходимость их группового применения, использования РТК различного класса и предназначения. Такая группировка обладает значительно большим технологическим потенциалом[2].

Несмотря на ряд технических и организационных недостатков, анализ практического использования РТК при тушении пожаров в 2010 – 2016 годах показала их высокую эффективность применения, оперативность реагирования и тушения пожаров при ликвидации последствий ЧС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Порядок тушения пожаров подразделениями пожарной охраны. Приказ МЧС России от 31.03.2011 г. № 156.

2 Цариченко С.Г., Савин М.В., Пеньков И.А. и др. Отчет о НИР «Сопровождение – РТС», ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2015.

УДК: 614.847

А. Д. Семенов, Ю. Н. Моисеев, В. Ю. Курочкин, М. А. Колбашов
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ С ВЫСОТЫ ПРИ ПОЖАРЕ

В работе рассматриваются способы испытания оборудования для проведения спасательных работ на высотах. Установлено, что для проведения испытаний различного оборудования требуются специально оборудованные места. Предложено для унификации процесса испытания создать стенд позволяющий проводить испытание всего перечня оборудования для проведения спасательных работ на высотах.

Ключевые слова: испытание, оборудование, пожар.

A. D. Semenov, Yu. N. Moiseev, V. Yu. Kurochkin, M. A. Kolbashov

ABOUT THE FEATURES OF THE TESTS OF INDIVIDUAL MEANS OF RESCUE OF PEOPLE FROM HEIGHTS IN CASE OF FIRE

The paper discusses testing methods and equipment for carrying out rescue work at heights. It was found that for tests of different equipment requires specially equipped places. Proposed to unify the testing process create a stand allowing to test the entire list of equipment for rescue work at height.

Keywords: test, equipment, fire.

Анализ статистических данных по обстановке с пожарами произошедшими в зданиях различной этажности (таблица) [1] показывает, что большая доля 18 % пожаров возникает в зданиях на 2-5 этажах, что требует использования оборудования для проведения спасательных работ на высотах.

От надежности пожарно-технического оборудования зависит эффективность работы пожарных при тушении пожара и ликвидации последствий ЧС. Особое внимание уделяется оборудованию для проведения спасательных работ на высотах. Рассмотрим методы испытаний оборудования [2, 3, 4].

Веревка пожарная спасательная – предназначена для страховки пожарных при тушении пожаров и для проведения связанных с тушением пожара аварийно-спасательных работ.

Коуш – конструктивный элемент веревки, предназначенный для заделки ее конца с целью образования петли.

Спасательные веревки испытываются один раз в шесть месяцев, должны соответствовать требованиям [5], нормативно-технической документации, иметь коуши, храниться в чехлах. На чехлах и одном из концов спасательной веревки у обвязки петли наносится маркировка с указанием учетного номера, длины веревки и даты последнего испытания, при этом маркировка должна четко просматриваться.

Таблица. Основные показатели обстановки с пожарами в Российской Федерации за 2012-2016 гг., произошедшим в зданиях различной этажности

Этажность здания	Количество пожаров, ед.				
	Погибло, чел.				
	2012	2013	2014	2015	2016
1 этаж	96692	89669	90191	86691	83421
	8723	8022	7759	7070	6529
2 этажа	11781	11288	11114	11395	11284
	947	851	835	806	749
3 - 5 этажей	13173	12396	11542	11624	11035
	1163	981	884	823	819
6 - 9 этажей	6506	6265	5629	5596	5372
	367	334	284	292	297
10 - 16 этажей	3003	2955	2672	2582	2542
	138	103	123	108	89
17 - 25 этажей	658	616	563	689	628
	16	24	11	14	25
более 25 этажей	13	15	29	25	16
	0	1	1	0	0

Прочность спасательной веревки проверяется путем приложения к ней статической нагрузки, равной 350 кг, для чего спасательную веревку разматывают на всю длину, один конец закрепляют неподвижно, а к другому прикладывают нагрузку, измеряемую динамометром, и выдерживают в течение 5 минут. Вербка к дальнейшей эксплуатации не допускается, если:

- произошло полное или частичное разрушение хотя бы одной из прядей веревки;
- произошло разрушение хотя бы одной из заделок концов веревки (коуша), включая металлические детали;
- относительное остаточное удлинение, измеренное через 20 минут после испытания статической нагрузкой, составило более 10 процентов, относительно первоначальной длины веревки.

Динамическое испытание спасательной веревки проводят в следующем порядке: к концу спасательной веревки, пропущенной через блоки и замок, на карабине подвешивается и сбрасывается с подоконника 3 этажа груз в 150 кг. При сбрасывании груза спасательная веревка не должна пробуксовывать более 30 см.

Лицо, возглавляющее караул на дежурных сутках, не реже чем 1 раз в 10 дней проверяет спасательные веревки, находящиеся в расчете и резерве, внешним осмотром с занесением результатов в «Журнал учета результатов испытаний ПТВ».

Пояс пожарный спасательный – предназначен для страховки при работе на высоте, спасания людей и самоспасания пожарных во время тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ, а также для ношения топора пожарного и карабина.

Пояса пожарные спасательные испытываются на прочность один раз в год [6].

Для испытания пояс надевается на прочную консольную или балочную конструкцию, диаметром не менее 300 миллиметров и застегивается на пряжку.

Испытание пояса на прочность проводят путем приложения к карабинодержателю нагрузки, равномерно возрастающей до значения 350 килограмм, и выдерживают в течение 5 минут. После снятия нагрузки пояс не должен иметь разрушений, деформаций деталей и разрывов швов, а перемещение поясного ремня в пряжке за время испытания не должно превышать 5 мм. В противном случае дальнейшая эксплуатация пояса запрещается.

Карабин пожарный – входит в состав снаряжения пожарного и предназначен для страховки пожарного при работе на высоте, а также для спасания и самоспасания с высот.

Карабины пожарные испытываются на прочность один раз в год [7].

Испытание карабина на прочность (при закрытом затворе) проводят путем приложения нагрузки, равномерно возрастающей до значения 350 килограмм и выдерживают в течение 5 минут.

После снятия нагрузки нарушение нормальной работы замкового устройства карабина или изменение его формы не допускается.

В местах шарнирного и замкового соединений затвора карабина должно быть обеспечено плотное прилегание сопрягаемых поверхностей, при этом допускаемый зазор должен быть не более 0,2 миллиметра.

Лестница ручная пожарная – переносная лестница, входящая в состав ПТВ пожарной машины и предназначенная для обеспечения действий при тушении пожаров и проведения аварийно-спасательных работ на высотах. Существуют следующие типы лестниц ручных пожарных:

- лестница выдвижная – лестница ручная пожарная, конструктивно состоящая из нескольких параллельно связанных колен, и оборудованная механи-

ческим устройством перемещения их относительно друг друга в осевом направлении с целью регулирования ее длины. Отсчет колен ведется с верхнего.

- лестница штурмовая – лестница ручная пожарная, конструктивно состоящая из двух параллельных тетив, жестко соединенных ступенек, и оборудованная крюком для подвески на опорную поверхность;

- лестница-палка – лестница ручная пожарная складная, конструктивно состоящая из двух параллельных тетив, шарнирно соединенных поперечными ступеньками.

Все ручные пожарные лестницы испытываются один раз в год [5].

Лестница выдвижная при испытании устанавливается на твёрдом грунте, выдвигается на полную длину и опирается на стену под углом 75 градусов к горизонту (2,8 метра от стены до башмаков лестницы). Производится нагрузка лестницы путем подвески контрольных грузов по 100 килограмм посередине каждого колена с помощью скоб, размещенных на ступеньках вплотную с тетивами. Время воздействия нагрузки должно составлять 2 минуты. После испытания лестница не должна иметь повреждений, остаточной деформации. Выдвижение колен должно быть плавным, без рывков и заеданий. Сдвигание колен должно происходить под действием собственного веса.

Испытание лестницы штурмовой производится путем подвешивания на опорной поверхности за большой концевой зуб крюка. Производится нагрузка лестницы путем подвески контрольного груза 160 килограмм ко второй снизу ступеньке с помощью скоб, установленных вплотную к тетивам лестницы. Время воздействия нагрузки должно составлять 2 минуты. После испытания лестница не должна иметь остаточной деформации и разрушения элементов конструкции.

Лестница-палка при испытании раскладывается в рабочее состояние и устанавливается на твёрдом грунте, с опорой на стену под углом 75 градусов к горизонту. Производится нагрузка лестницы путем подвески контрольного груза 120 килограмм к средней ступеньке лестницы с помощью скоб, расположенных вплотную к тетивам. Время воздействия нагрузки должно составлять 2 минуты. После испытания лестница не должна иметь остаточной деформации и разрушения элементов конструкции, должна легко и плотно складываться.

Допускается проводить испытания с использованием стенда для испытания спасательных устройств.

Испытания рукавных задержек и КП производится один раз в год [9].

Для испытания задержка (КП) подвешивается крюком на плоскую поверхность балки (подоконника и др.) и на застёгнутую петлю подвешивается груз в 200 килограмм на 5 минут.

После снятия нагрузки рукавная задержка и КП не должны иметь деформации, а тесьма разрывов и других повреждений.

Длина веревки КП должна быть не менее 1,3 метра, а длина веревки рукавной задержки не менее 0,7 метра.

Таким образом, испытание оборудования для проведения спасательных работ на высотах проводятся различными способами при воздействии статической и динамической нагрузки, что характеризует высокие требования надежности, предъявляемые к испытываемому оборудованию. Многообразие методик испытаний оборудования требует организации специально оборудованных мест, что вызывает дополнительные финансовые затраты и производственные площади в подразделениях ФПС ГПС. Для унификации испытания оборудования для проведения спасательных работ на высотах предлагается создать стенд позволяющий учитывать особенности испытания всего перечня испытываемого оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожары и пожарная безопасность в 2016 г. Статистика пожаров и их последствий // статистический сборник: – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2016. [Электронный ресурс]. URL: <http://wiki-fire.org/GetFile.aspx?File=%2fСтатистические%20сборники%2fsbornik2016.pdf> (дата обращения: 04.09.2017).
2. Федеральный закон от 22.07.2008г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Приказ Минтруда России от 23.12.2014 N 1100н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы».
4. 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».
5. ГОСТ Р 53266-2009 «Общие технические требования и методы испытания веревок пожарных спасательных».
6. ГОСТ Р 53268-2009 «Общие технические требования и методы испытания поясов пожарных спасательных».
7. ГОСТ Р 53267-2009 «Общие технические требования и методы испытания карабинов пожарных».
8. ГОСТ Р 53275-2009 «Общие технические требования и методы испытания лестниц ручных пожарных».
9. ГОСТ Р 50982-2009, ГОСТ 16714-71 «Общие технические требования и методы испытания пожарных топоров, пожарных крюков, багров, ломов, крюков КО».

УДК: 614.847

А. Д. Семенов, Р. И. Харламов, М. С. Кнутов, А. Н. Бочкарев
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ С ВЫСОТЫ ПРИ ПОЖАРЕ

В работе предложена конструкция универсального стенда испытаний пожарного оборудования для проведения спасательных работ на высотах. Проведен расчет прочностных характеристик конструкции стенда испытания.

Ключевые слова: испытание, оборудование, пожар, стенд испытания.

A. D. Semenov, R. I. Kharlamov, M. S. Knutov, A. N. Bochkarev

UNIVERSAL STAND FOR TESTING INDIVIDUAL MEANS OF RESCUE OF PEOPLE FROM HEIGHTS IN CASE OF FIRE

This paper presents the design of a universal test stand of fire-fighting equipment for rescue work at height. The calculation of the strength characteristics of the structure of the test bench.

Keywords: test, equipment, fire, test bench.

От надежности пожарного оборудования зависит эффективность работы пожарных при тушении пожара и ликвидации последствий ЧС. Особое внимание уделяется оборудованию для проведения спасательных работ на высотах. Порядок испытания оборудования изложен в [1-6]. Для выявления возможных неисправностей лестницы систематически контролируют внешним осмотром при смене караула. Кроме того, лестницы испытывают перед постановкой в боевой расчёт и после каждого ремонта, а также один раз в год.

В настоящее время в подразделениях ФПС ГПС для испытания оборудования используемого при проведении спасательных работ на высотах применяют испытательные стенды (рис. 1).

Однако не все подразделения пожарной охраны оснащены испытательным оборудованием и испытание индивидуальных средств спасения проводится в специальных учреждениях, что требует дополнительных финансовых затрат. Конструкция стенда (рис. 1) не позволяет проводить проверку исправности оборудования без использования фасада здания, что затрудняет проведение испытаний.

В работе предлагается конструкция стенда для проведения испытания пожарных лестниц, спасательных веревок, поясов и карабинов.

Основной задачей стенда является максимальное упрощение испытаний оборудования при минимальном привлечении личного состава караула.

Предлагаемая конструкция представляет собой металлическую ферму, в состав которой входит система блоков, троса, передвижные ролики (рис. 2), что позволит проводить испытание спасательного оборудования без использования фасадов зданий.



Рис. 1. Стенд для испытания оборудования

Принцип работы (рис. 2): система блоков (4) и тросов (5) будут соединены к цепной тали (2), которая в свою очередь создает необходимую силу натяжения тросов. Для точного определения прикладываемых усилий используют динамометр (3).

Основные конструктивные элементы стенда испытаний ручных пожарных лестниц на прочность (рис. 2):

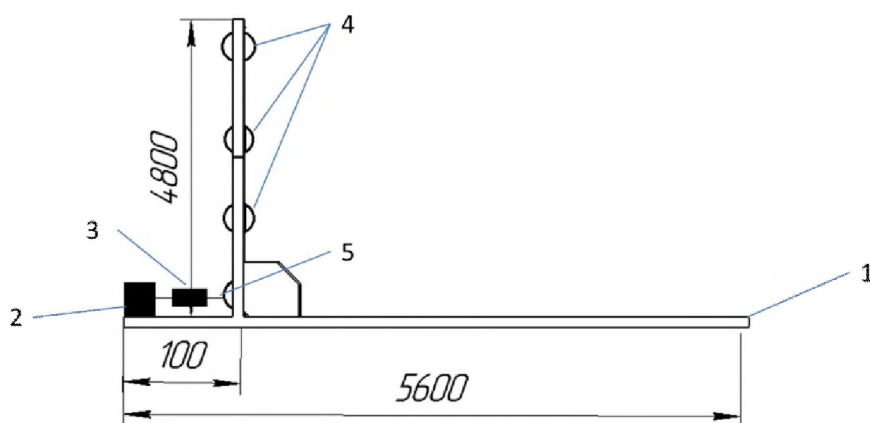


Рис. 2. Стенд испытания ручных пожарных лестниц:

1. Рама из профилированной стали;
2. Лебедка;
3. Динамометр;
4. Система полиспаатов;
5. Трос металлический

Схемы испытаний пожарных лестниц представлена на рис. 3-6.

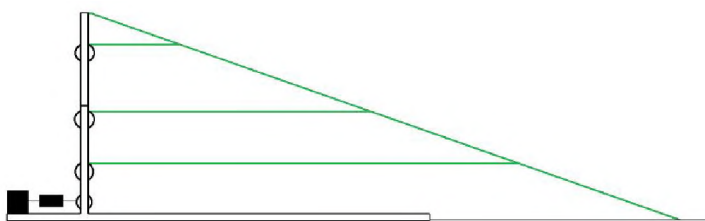


Рис. 3. Схема испытания трёхколенной лестницы



Рис. 4. Схема испытания лестницы штурмовки

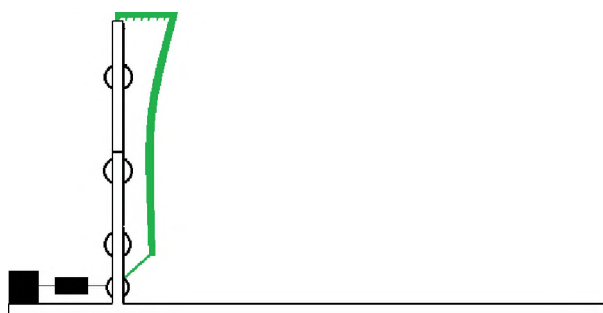


Рис. 5. Схема испытания крюка лестницы штурмовки

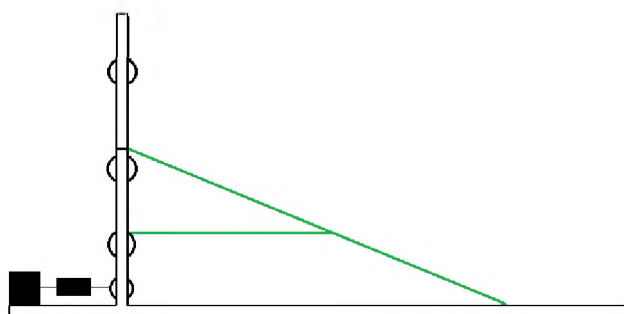


Рис. 6. Схема испытания ЛП

Трёхколенная лестница *Л-60* – выдвигается на полную длину и прислоняется к стенду под углом 75° к вертикали (2,8 м от башмаков лестницы до основания стенда) в таком положении каждое колено нагружается посередине грузом в 100 кг на 2 минуты. Веревка должна выдержать натяжение в 200 кг без деформации.

Результаты испытаний лестниц заносятся в журнал испытания пожарно-технического вооружения. Лестницы, не выдержавшие испытания, списываются.

Лестница-штурмовка подвешивается свободно за конец крюка и каждая тетива на уровне 2 ступени снизу нагружается грузом в 80 кг (всего 160 кг) на 2 минуты. После испытания лестница не должна иметь трещин и остаточной деформации крюка.

Лестница-палка прислоняется под углом 75° к горизонтали и нагружается посередине грузом 120 кг на 2 минуты. После снятия нагрузки лестница не должна иметь никаких повреждений, должна легко и плотно складываться.

Проведены прочностные расчеты конструкции стенда, результаты которых показали, что её запас прочности составляет 17920 Н, а масса стенда равна 52 кг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Минтруда России от 23.12.2014 N 1100н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы».

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. ГОСТ Р 53266-2009 «Общие технические требования и методы испытания веревок пожарных спасательных».

4. ГОСТ Р 53268-2009 «Общие технические требования и методы испытания поясов пожарных спасательных».

5. ГОСТ Р 53267-2009 «Общие технические требования и методы испытания карабинов пожарных».

6. ГОСТ Р 53275-2009 «Общие технические требования и методы испытания лестниц ручных пожарных».

УДК 621.89.099.6, 532.135

*А. П. Сизов, С. А. Никитина, В. А. Комельков, М. А. Колбашов,
В. С. Еловский, А. Х. Салихова*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОДИСПЕРСНЫХ МАГНИТНЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ПОЖАРНОЙ И АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

В статье приведены данные о перспективах внедрения электромеханических устройств в пожарной и аварийно-спасательной технике, используя в качестве рабочего тела магнитные жидкости, обладающие известными физико-техническими параметрами. В этом случае электромеханические устройства планируется использовать для доставки огнетушащих средств и в процессе их хранения. Такими огнетушащими средствами предполагается использовать газы и жидкости.

Ключевые слова: магнитная жидкость, герметизирующее устройство, уплотнение вала, магнитное поле, огнетушащие средства, аварийно-спасательная техника.

*A. P. Sizov, S. A. Nikitina, V. A. Komelkov, M. A. Kolbashov, V. S. Elovskiy,
A. H. Salikhova*

PHYSICAL AND TECHNICAL BASES OF APPLICATION OF NANODISPERSED MAGNETIC LIQUIDS IN FIRE AND EMERGENCY TECHNOLOGY

The article presents data on the prospects of implementation of electromechanical devices in fire and rescue techniques, using as working fluid a magnetic fluid having known physical and technical parameters. In this case, the electromechanical device will be used for delivery of fire extinguishing and in process of their storage. Such extinguishing agents are expected to use gases and liquids.

Keywords: magnetic fluid, sealing device, seal the shaft, magnetic field, fire extinguishing equipment, rescue equipment.

Нанодисперсные магнитные жидкости (далее - МЖ) в настоящее время нашли применение в различных электромеханических устройствах, которые используются в качестве герметизаторов валов машин в вакуумной технике, биологии, химии, аппаратов при производстве лекарств, текстильной и нефтеперерабатывающей технике, медицине. Использование таких сред в ряде отраслей обусловлено возможностью создания с их использованием высокогерметичных герметизаторов с малым собственным энергопотреблением и обладаю-

щих высокой долговечностью соизмеримой с долговечностью машин их используемых.

Такие электромеханические устройства названы магнитножидкостные уплотнения (далее - МЖУ). Наряду с МЖУ в последнее время нашли применение устройства для гашения колебаний при защите от воздействия колебаний различных приборов. В этом случае МЖУ выполняет роль диссипативного элемента, демпфирующими характеристиками которого управляют воздействием внешнего магнитного поля.

Дальнейшее развитие этого направления - это использование МЖ в автоматических устройствах в качестве датчиков, сепараторов технологических сред при металлообработке. Этим применениям МЖ способствует своеобразие МЖ, которое заключается в сочетании нереализуемых в других материалах таких свойств МЖ как, текучесть и магнитоуправляемость. Такие характерные свойства МЖ целесообразно использовать в пожарной и аварийно-спасательной технике для надежной герметизации устройств подачи огнетушащего вещества, особенно газообразного, при установке электромеханических устройств герметизации в насосы подачи воды при водяном и пенном пожаротушении. Такие внедрения потребуют дополнительных исследований физико-химических свойств МЖ, особенностей их взаимодействия при трении в контакте с различными твёрдыми материалами, возможностей проникать в микрообъемы, смачивания и ряд других исследований.

Основное свойство МЖ - магнитоуправляемость, которая характеризуется намагниченностью I .

$$I = n \times m \times (\text{cthe} \varepsilon - \varepsilon^{-1}) \quad (1)$$

Здесь n - число частиц в единице объема; m - магнитный момент частицы; $\varepsilon = \mu_0 \times m \times H / K \times T$ - функция Ланжевена [1].

Намагниченность зависит в основном от концентрации ферромагнитных частиц, входящих в состав МЖ, также она должна сопровождаться устойчивостью к агрегации, что обеспечивается присутствием в МЖ поверхностно активных веществ (ПАВ). Именно ПАВ обеспечивает перемещение базовой жидкости в МЖ по её объёму совместно с феррочастицами. Это свойство МЖ определяет её работоспособность в различных устройствах, которые связаны с перемещением МЖ под действием магнитного поля, касательных сил, сил инерции.

Базовая жидкость, используемая в МЖ для эксплуатации вакуумных МЖУ, применяется кремнийорганическая (синтетическое масло), обладающая широким интервалом рабочих температур. Уплотнения с МЖ эксплуатировались при различном перепаде давления в контакте с газовыми средами. Поэтому, используя полученный опыт, их можно рекомендовать для применения в уплотнительной технике с целью герметизации вращающихся валов различных

насосов перекачивающих пожароопасные жидкости и газы, которые отличаются повышенной агрессивностью, а так же в водяных насосах пожарной техники.

В настоящее время известны уплотнения, содержащие в одном корпусе торцовое уплотнение и магнитожидкостное. При этом магнитная жидкость для торцового уплотнения выполняет роль герметизации и смазки пары трения уплотнения.

Известно также комбинированное уплотнение вала [2] содержащее размещенные в корпусе магнитожидкостное и торцовое уплотнения, причем первое выполнено в виде постоянного магнита с полюсными приставками и ферромагнитной жидкостью в рабочих зазорах, в зоне магнитожидкостного уплотнения установлены закрепленные на валу подвижная втулка и неподвижная втулка из пористого материала с кольцевыми канавками на внутренней поверхности и подвижная втулка поддерживаемая соосно относительно неподвижной втулки за счет установки внутри втулок кольца из антифрикционного материала, имеющего кольцевые канавки на поверхности обращенной к внутренней поверхности втулок при этом с торцом создается торцовое уплотнение, а со стороны высокого давления установлен подвижный элемент, выполненный в виде сальфона, к одному из торцов которого жестко и герметично прикреплена неподвижная втулка, а другой конец его установлен жестко и герметично относительно корпуса.

Основным недостатком такого уплотнения является уменьшение компенсируемого перепада давления торцевым уплотнением при использовании подвижного элемента сальфона выполненного из антифрикционного немагнитного материала в виде пассивной втулки.

Разработанное авторами уплотнение позволяет увеличить компенсируемое давление уплотнением.

На чертеже рис. 1 представлена схема устройства. Вал 1 выполненный из немагнитного материала имеет подвижную втулку 2 закрепленную на нем жестко и герметично и неподвижную втулку 3 установленную на валу с зазором. Неподвижная втулка 3 своим торцом прикреплена жестко и герметично к торцу сальфона 4, который установлен герметично и жестко в корпусе 5 между стенкой корпуса и полюсной приставкой 6. Втулки 2 и 3 выполнены из магнитопроводного металлокерамического материала.

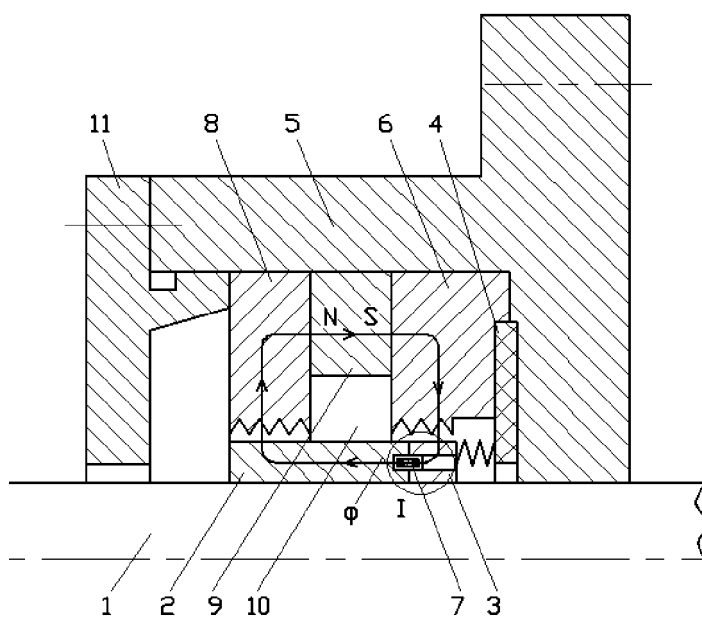


Рис. 1. Схема комбинированного магнитожидкостного уплотнения

В зазор между втулками введено кольцо 7 которое образует внутри проточек, в которое это кольцо установлено, неравномерный зазор за счет нарезки на поверхности кольца канавок.

Магнитожидкостное уплотнение содержит, кроме того, полюсную приставку 8 и размещенный между приставками 6 и 8 магнит 9. Полость 10 заполнена ферромагнитной жидкостью которая проникает в зазоры Б1; Б2; Б3 (рис. 2) за счет действия магнитных сил. Комбинированное уплотнение в корпусе 5 зафиксировано нажимной крышкой 11.

Подвижный элемент сильфона (рис. 2) выполненный из антифрикционного немагнитного материала выполнен составным, состоящим из полюсных приставок 12,13 и постоянного магнита 14. При этом постоянный магнит 14 намагничивается в радиальном направлении.

Уплотнение работает следующим образом. Перепад давления, действующий на уплотнение удерживается торцовым уплотнением созданным подвижной 2 и неподвижной втулками 3 а так же за счет взаимодействия кольца 7, с ферромагнитной жидкостью находящейся в неравномерном рабочем зазоре Б2; Б3 пронизанным магнитным потоком Φ созданным постоянным магнитом 9. Вал уплотнения выполнен из немагнитного материала поэтому большая его часть концентрируется в зазоре между втулками 2 и 3, участвуя в компенсации перепада давления (рис. 1).

При вращении вала 1 подвижная втулка 2 вращается вместе с ним, соприкасаясь с торцом неподвижной втулки 3 через ферромагнитную жидкость в зазоре Б1 благодаря этому обеспечивается снижение величины момента трения. За счет выполнения неподвижной втулки из пористого материала, например из металлокерамики ферромагнитная жидкость через микропоры поступает в торцевой зазор дополнительно смазывая торцовую пару трения и пару кольцо-втулки. Уменьшение момента трения способствует также проникновению магнитной жидкости в торцевой зазор образованный втулкой 2 и неподвижными полюсными приставками 12,13.

Кольцо 7 поддерживает соосность неподвижной втулки и вала обеспечивая равномерность зазора Б1 и предотвращает его изменения по величине и форме при вращении вала [2].

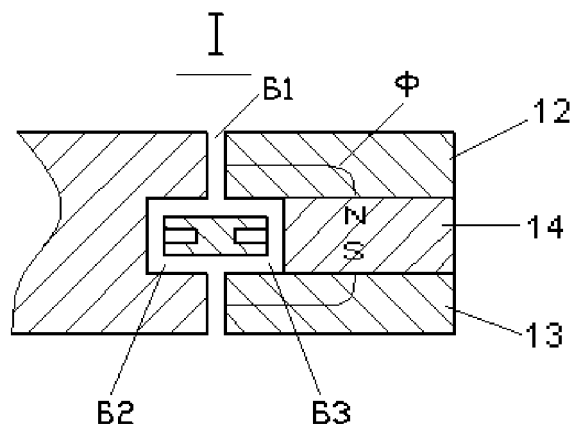


Рис. 2. Полость, заполненная ферромагнитной жидкостью

Уменьшению момента трения в торцевой паре подвижная и неподвижная втулка способствует также магнитное поле, создаваемое постоянным магнитом 14 способствующее всплытию втулки 13 при встречном направлении магнитных полей создаваемых магнитами 9 и 14, что уменьшает биение неподвижной втулки относительно оси вала. Этот же эффект можно получить при изготовлении неподвижной втулки из немагнитного материала.

Экономическая эффективность изобретения заключается в расширении его области применения за счет увеличения герметичности оборудования для пожарной и аварийно-спасательной техники и для транспортировки пожароопасных веществ и материалов, характеризующихся высоким агрессивным воздействием на материалы оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Розенцвейг Р.Е.* Феррогидродинамика. Пер. с англ. // Под ред. В.В. Гогосова.- М.: Мир, 1989 – 356 с.
2. Патент на изобретение № 2582718 «Комбинированное уплотнение вала» / Сизов А. П., Еловский В. С., Колбашов М. А. и др. Оpubл. 2016. Бюл. № 6.

УДК 614.847.9

***Д. В. Сорокин, А. Л. Никифоров, И. Ю. Шарabanова, С. Н. Животягина,
Е. В. Стрижак***

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

К ВОПРОСУ ЗАЩИТЫ ПОЖАРНЫХ ОТ ОПАСНЫХ ТЕПЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

В статье приведены результаты литературного обзора в вопросе влияния температурно-влажностного режима подкостюмного пространства боевой одежды пожарного на ее защитные свойства. Приведены результаты исследований по определению наиболее уязвимых участков тела пожарного при работе в боевой одежде в условиях приближенным к условиям пожара.

Ключевые слова: боевая одежда пожарного, пакет материалов, температурно-влажностный режим, температура, тепловой поток, тепловой удар, термический ожог.

D. V. Sorokin, A. L. Nikiforov, I. Yu. Sharabanova, S. N. Zhivotiagina, E. V. Strizhak

THE PROTECTION OF FIREFIGHTERS FROM DANGEROUS HEAT EXPOSURES

The article presents the results of a literature review on the influence of the temperature-humidity regime of the subcostal space of the fireman's combat clothing on its protective properties. The results of investigations to determine the most vulnerable parts of the fireman's body when working in combat clothing in conditions close to fire conditions are presented.

Keywords: combat clothing fire, complex of materials, temperature and humidity conditions, temperature, heat flux, thermal shock, thermal scald.

Усложнение работы пожарного, обусловленное техническим прогрессом в промышленности, строительстве и других отраслях экономики, требует постоянного роста его профессионального мастерства, а также современного технического оснащения для обеспечения безопасности при тушении пожаров.

Особую актуальность приобретают вопросы, связанные с совершенствованием средств индивидуальной защиты пожарного, в частности боевой одежды (далее – БОП).

Необходимость проведения исследований в данной области продиктована статистикой гибели и травмирования работников пожарной охраны в период 2011-2015 гг. и за 9 мес. 2016 г. Так на пожарах за указанный период погиб 41 пожарный и 377 получили травмы. Основной причиной гибели пожарных (27%) стало воздействие высокой температуры [1].

Параметры окружающей среды на пожаре всегда различны и обусловлены множеством факторов: видом горючей нагрузки, стадией пожара, объемно-планировочным исполнением здания, видом применяемых огнетушащих веществ и др.

Пожарным, работающим в помещениях, где происходит горение, в первые секунды достаточно сложно определить уровень воздействия теплового потока и температуры окружающей среды. Пожарный принимает решение о возможности дальнейшего пребывания в опасной зоне, ориентируясь только на органы чувств. Однако, находясь в состоянии нервно-эмоциональной напряженности, для которого характерно снижение работоспособности и эффективности функционирования органов и систем, человеку становится трудно оценивать уровень опасности. Результатом повышенного теплового воздействия может быть получение таких травм, как тепловой удар или термический ожог.

Получение травмы пожарным, работающим в звене ГДЗС, приводит к выводу из строя всего звена и, как следствие, к невыполнению поставленной задачи. К тому же потеря сознания в результате перегревания одного из пожарных значительно осложняет выход звена из опасной зоны.

Основной причиной потери сознания пожарным является тепловой удар, возникающий в результате общего перегревания организма при длительном воздействии высокой температуры окружающей среды. При перегревании и чрезмерном потоотделении организм теряет большое количество жидкости, кровь сгущается, нарушается равновесие солей в организме, что приводит к кислородному голоданию тканей, в частности головного мозга. Рассмотрим более подробно условия получения теплового удара. Тепловой удар наступает при повышении температуры воздуха сверх 35°C , его относительной влажности выше 80-90%. В этих условиях в результате приближения относительной влажности к 100% резко падает или прекращается теплоотдача. Возникновению теплового удара способствует увеличение теплопроизводства во время тяжелой мышечной работы. Следует учесть, что опасное перегревание организма при почти 100%-ной относительной влажности, прекращающей потоотделение, может наступить во время интенсивной мышечной работы даже при невысокой температуре воздуха — $20-25^{\circ}\text{C}$.

Скорость наступления перегревания организма и степень перегревания при нарушении терморегуляции, приводящие к тепловому удару, различны у разных людей и зависят не только от внешних факторов, но и от индивидуальных особенностей человека [2].

Вышеизложенное свидетельствует о возможности нарушения состояния здоровья пожарного на пожаре еще до достижения предельно допустимого нормативного значения температуры в подкостюмном пространстве БОП (50°C) [3].

Вопрос изучения условий и причин возникновения теплового удара у пожарных требует детальной дополнительной проработки.

Перегревание определенного участка тела пожарного в результате высокого термического воздействия может привести к термическому ожогу.

Общеизвестно, что местное повышение температуры тканей до значений более чем 50°C приводит к гибели клеток и развитию ожога.

Необходимо отметить, что даже при минимальном контакте повреждающего агента с кожей возникают глубокие ожоги. В частности, при температуре воды 70°C воздействие на кожу в течение 1 сек вызывает глубокое ее поражение (табл. 1).

В научном отчете [4] приведен обзор 24 случаев получения пожарными ожогов и выявлены характерные для получения ожогов участки тела: плечи (особенно в местах прилегания плечевых ремней дыхательного аппарата), руки, бедра, локтевые и коленные суставы.

Было отмечено появление ожогов в местах расположения светоотражающих лент БОП (рисунок).

Таблица 1. Параметры получения термического ожога 2 степени

Время	Температура повреждающего агента
10 мин	49°C
5 мин	50°C
1 мин	52,5°C
30 с	54°C
5 с	60°C
1 с	70°C



Рисунок. Ожог на уровне светоотражающей ленты

В ходе анализа литературных источников [4-9] были выявлены следующие основные причины снижения теплозащитных свойств боевой одежды:

- повышенная влажность пакета материалов БОП, возникающая при внешнем воздействии огнетушащих веществ и внутреннем увлажнении в результате повышенного потоотделения пожарного во время выполнения тяжелой работы при высоких температурах;

- уменьшение толщины теплоизолирующего слоя БОП в результате механического воздействия. Сжатие пакета материалов происходит при сгибании коленных и локтевых суставов в сидячем положении, при воздействии веса дыхательного аппарата на область плеч, слипанию пакета материалов в результате многократных механических и термических воздействий, что приводит к отсутствию воздушной прослойки между материалами и, как следствие, к снижению теплозащитных свойств;

- повышенная теплопроводность светоотражающих лент и логотипов.

- термическая деструкция материалов БОП, которая может протекать без видимых изменений внешнего слоя и приводить к значительному снижению тепловой устойчивости материалов.

Разработка современного комплекта БОП невозможна без понимания механизмов воздействия опасных факторов пожара на человека, а именно понимания системы «Окружающая среда-БОП-Человек».

На сегодняшний день испытания БОП проводятся в соответствии с ГОСТ Р 53264-2009 [3] и отвечают общим техническим требованиям. Однако данные испытания условно моделируют нагрузки, которые воздействуют на БОП в процессе эксплуатации на пожаре. В частности, не учитывают влияние на нее

температурно-влажностного режима подкостюмного пространства и внешнее воздействие огнетушащих веществ при тепловых испытаниях. Также не учитывается уровень защитных свойств пакета материалов БОП после многократных механических и термических воздействий.

В работе [5] приведены результаты экспериментов по определению влияния температурно-влажностного режима внутреннего пространства термоагрессивостойких костюмов (ТАСК) на их теплозащитные свойства. Результаты показывают, что при выполнении тяжелой работы в течение 25 минут значение коэффициента теплопроводности теплоизоляционного защитного пакета материалов ТАСК повышается более чем в 2 раза, т. е. при выполнении пожарным оперативно-тактических задач, связанных с воздействием повышенных тепловых потоков, происходит сокращение нормируемого времени защитного действия. Основной причиной этого является повышение влажности пакета материалов за счет выделения продуктов метаболизма человека.

Исходя из приведенных данных, можно предположить, что значение коэффициента теплопроводности пакета материалов БОП в реальных условиях эксплуатации будет значительно выше, чем у ТАСК, так как БОП не является комплектом специальной одежды изолирующего типа и на защитные свойства значительно влияют внешние факторы окружающей среды (воздействие огнетушащих веществ).

В работе [5] были определены участки тела человека с наибольшим потоотделением при интенсивной работе в ТАСК (табл. 2).

Одним из этапов испытания БОП в соответствии с [3] является проведение испытаний на стенде «Термоманекен».

Стенд «Термоманекен» предназначен для комплексной оценки параметров тепловой устойчивости различных видов специальной защитной одежды пожарного, в том числе и БОП. В процессе испытаний на стенде изделия подвергаются воздействию внешних тепловых нагрузок (теплового потока и открытого пламени), при этом изменяются значения нагрузок и времени воздействия. Измерение показателей теплового потока и температуры производится в 11 точках подкостюмного пространства СЗО.

Таблица 2. Площади участков наибольшего потоотделения на теле человека при его работе в ТАСК

Участки тела человека	Потоотделение ($W_{вп}/S$)*
Стопы	менее $0,1 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$
Голень	$0,1 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$
Лоб, предплечье, грудь	$0,15 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$
Затылок, плечи, бедра	$0,2 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$
Спина	более $0,2 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$

* $W_{вп}$ – влагопотери, S – площадь.

Результаты стендовых испытаний БОП двух видов (с материалом верха с полимерным пленочным покрытием и без него), приведенные в работе [9], показывают, что при воздействии теплового потока ($5 \text{ кВт}\cdot\text{м}^{-2}$) температура в подкостюмном пространстве БОП не превышает 50°C в течение нормативного времени. Наибольшие температурные значения наблюдались в следующих точках контроля:

- для БОП с материалом верха с полимерным покрытием: лоб, стопа, предплечье, грудь, поясница;
- для БОП с материалом верха без полимерного покрытия: голень, бедро, стопа, грудь, кисть[9].

Как уже было отмечено, прогрев пакета материалов БОП происходит неравномерно по ряду приведенных выше факторов.

Еще одним важным аспектом в распределении температур в пакете материалов БОП является положение пожарного при тушении очага пожара. Тушение пожара и передвижение пожарных в помещении, как правило, производится в положении «сидя» или «лежа» и крайне редко «стоя», что обусловлено распределением температур в помещении (температура в припотолочном слое на порядок выше, чем на уровне пола) и плотным задымлением в зависимости от положения нейтральной зоны.

Участки БОП с наибольшей температурой подкостюмного пространства в результате испытания, приведенные в работе [9], и характерные точки получения ожогов при тушении пожаров, приведенные в работе [4], весьма разнятся. Для решения данного вопроса нами было проведено исследование по определению наиболее уязвимых участков тела пожарного при работе в БОП в условиях, максимально приближенных к реальным.

Исследование проводилось в огневом симуляторе ПТС «Уголек М» и представляло собой контроль температур в 10 точках подкостюмного пространства группы испытуемых в ходе проведения тренировочного занятия.

Огневой учебно-тренировочный комплекс ПТС «Уголек М» предназначен для проведения практических занятий и тренировок по отработке навыков действия в условиях опасных факторов пожара, таких как задымление, высокая температура, открытое пламя, тепловое излучение, возникающих при сгорании в топке твердого топлива. Комплекс позволяет проводить занятия с воздействием опасных факторов пожара в воспроизводимых и контролируемых условиях и обеспечивает безопасность занятий за счет возможности контроля и управления газовыми потоками и подачи огнетушащих средств.

Учебно-тренировочный комплекс позволяет создавать условия, максимально приближенные к условиям пожара с воздействием высоких температур (до 800°C) и получением объемной вспышки и выброса пламени [10].

Для контроля температур участков тела пожарного при проведении исследования использовались термометрические полоски «Testo AG D-79849 Lenzkirch» с измерительным диапазоном +37...+65°C. Полоски имеют погрешность измерения температур 1,5°C и необратимо изменяют цвет за 2 секунды. Измерение проводилось во время всей тренировки в течение 30 мин.

В ходе исследования было выявлено, что наиболее уязвимыми для теплового воздействия участками тела являются голова, кисти рук, область груди и плеч (в местах прилегания плечевых ремней дыхательного аппарата). Необходимо отметить, что, как правило, предельно допустимые показатели температуры (50 °C) наблюдались в местах плотного прилегания БОП к телу испытуемого, что подтверждает результаты исследований, приведенных в источнике [4]. Также было выявлено, что значения температур в участках БОП подвергшихся намоканию в результате потоотделения были значительно выше, чем на сухих участках, что подтверждает значительное влияние температурно-влажностного режима внутреннего пространства на защитные свойства БОП. В результате данного исследования определена необходимость изучения влияния внутреннего влажностного режима на защитные свойства БОП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выписка из федеральной базы данных «Пожары». Основные статистические показатели по пожарам, произошедшим в 2011-2015 гг. и за 9 мес. 2016 г. в Российской Федерации. ВНИИ ПО. – 2016 г.
2. Тепловой и солнечный удары [Электронный ресурс]. Режим доступа: (дата обращения 15.01.2017 г.) <http://nauka03.ru/mekhanizmu-teploregulyatsii/teplovoj-i-solnechnyj-udary.html>
3. ГОСТ Р 53264-2009. Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний. Национальный стандарт Российской Федерации. Стандратинформ. – 2009. – 37 с.
4. Final Report of Thermal Capacity of Fire Fighter Protective Clothing. Fire Protection Research Foundation. – 2008. – 37 pp.
5. Михайлов Е.С. Влияние температурно-влажностного режима внутреннего пространства термоагрессивостойких костюмов на их теплозащитные свойства / Е.С. Михайлов, В.И. Логинов // Пожарная безопасность. – 2014. – №1. – С. 56 - 62.
6. Гусаров А.М., Прогнозирование температуры на внутренней поверхности пакета материалов боевой одежды пожарного при многоцикловом тепловом воздействии / А.М. Гусаров, А.А. Кузнецов, Н.М. Дмитракович // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2012. – №2, – С. 140 - 147.
7. Кузнецов А.А., Исследование изменения защитных свойств боевой одежды пожарных при многоцикловых эксплуатационных воздействиях // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2014. – №2. – С. 38 – 445.
8. Архиреев К.Э. Исследования по определению возможности увеличения срока службы боевой одежды пожарного / Архиреев К.Э., Игнатова И.Д., Логинов В.И. // «Пожарная безопасность». – 2014. – №4. – С. 61 - 65.

9. *Логинов В.И.*, Результаты испытаний специальной защитной одежды пожарного на стенде «Термоманекен» / В.И. Логинов, М.Д. Игнатова, К.А. Архиреев // Пожарная безопасность. – 2011. – №3. – С. 89 - 93

10. Руководство по эксплуатации «Комплекс учебно-тренировочный огневой ПТС «Уголек» - М» ПТС 198А.00.00.000 РЭ. – 26 с.

УДК 66.067.175

В. М. Станкевич

Гомельский филиал Университета гражданской защиты МЧС Беларуси

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОПОДГОТОВКИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

В работе проведены исследования имеющихся станций и установок применяются для водоподготовки, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций. Показано, что создание модернизированной мобильной автономной водоочистой установки белорусского производства позволит обеспечить качественной питьевой водой военнослужащих Вооруженных Сил и пострадавшего населения в результате техногенных катастроф, стихийных бедствий и других угроз.

Ключевые слова: водоподготовка, станции и установки для водоподготовки, чрезвычайная ситуация.

V. M. Stankevich

PRESSING PROBLEMS OF WATER CONDITIONING IN CASE OF EMERGENCY SITUATIONS

The paper contains the review of plants used for conditioning of water including the cases of emergency situations. It is shown that the development of modern mobile self-contained water-conditioning plant of Belarusian make will allow providing armed forces personnel and affected population with quality drinking water in case of natural and man-made catastrophes and other risks.

Keywords: water conditioning, water conditioning plants, emergency situations.

В настоящее время в условиях ведения военных действий существует проблема очистки пресной воды из открытых водоемов с целью обеспечения питьевой воды населения и сотрудников специальных служб, включая работников органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям. Для реше-

ния данной проблемы существует множество различных установок и комплексов водоподготовки как отечественного, так и импортного производства. На российском рынке наибольшей популярностью пользуется продукция ЗАО «Полимерфильтр» (СКО-1с, СКО-8с, СКО-10, МККВ-1000 и др.) [1] и ЗАО «Конверсия» [2]. Органы и подразделения по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь оснащены мобильной автономной водоочистой установкой (МABOУ) на базе APC-14 (Беларусь) [3, 4].

Технологическое оборудование мобильной станции комплексной очистки воды СКО-10 базируется на полноприводных четырехосных автошасси типа КАМАЗ-6350 или УРАЛ-532361. Мобильные станции имеют высокую проходимость, автономность, скорость перемещения и не требуют применения грузоподъемных устройств на месте развертывания. Станции очищают воду от механических частиц, взвесей, коллоидных соединений, трехвалентного железа, обезвреживает от многих ядовитых веществ органического происхождения, обеззараживает от бактерий и вирусов и др. [1].

Установка СКО-8с является станцией контейнерного исполнения. Предназначена для организации полевого хозяйственно-питьевого водоснабжения войск и населения при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций или в боевых условиях. Основное технологическое оборудование подобных станций размещается в отапливаемых контейнерах [1].

Комплекс МККВ-1000 отличается от МККВ-400 повышенной производительностью, мобильностью и автономностью. Предназначен для доочистки, консервирования и бутилирования питьевой воды, для обеспечения ее длительного срока хранения и удобства доставки потребителю в полевых условиях. Новый комплекс работает не только в режиме доочистки воды, получаемой с водоочистой станции, но и автономно в режиме очистки и опреснения практически любой природной воды, включая морскую. Все технологическое оборудование МККВ-1000 размещено в одном кузове-фургоне типа К5323 на одном автошасси КАМАЗ-6350 [1].

МABOУ на базе APC-14 белорусского производства создана для очистки большого объёма (до 2500 дм³) загрязнённой воды в условиях чрезвычайных ситуаций от микробного заражения, включая вирусное, растворённых органических и хлорорганических соединений, а также активного хлора, коллоидных частиц, содержащих тяжёлые металлы взвешенных частиц [3, 4]. Эта установка позволяет очищать воду путем адсорбции примесей воды за счет использования коагулянтов и осуществления дополнительной дезактивации фильтрата химическими реагентами, что экономически и технологически не всегда оправдано. Кроме того, данные химические реагенты не безопасны в обращении с ними и имеют ограниченный срок хранения, являются дорогостоящими, что, как следствие, значительно увеличивает стоимость очищенной воды. Поэтому поиск и модернизация альтернативных способов очистки воды в данных устройствах и установках является актуальным.

Для решения данной проблемы предлагается произвести модернизацию мобильной автономной водоочистой установки путем разработки дополнительного фильтрующего модуля. В Республике Беларусь разработаны более совершенные фильтры и способы очистки воды на основе новейших технологий. Одним из новых способов является мембранная фильтрация под давлением, которая позволяет достигнуть более высокой производительности, не вызывает вспенивания фильтруемой жидкости, а также сводит к минимуму непреднамеренное загрязнение фильтрата [5].

Учитывая изложенное выше, проведены научные исследования, в том числе направленные на разработку методов многоступенчатой фильтрации и физической обработки загрязненной воды с максимальным использованием отечественных материалов и комплектующих как для разработки новой установки, так и для дооснащения имеющейся на вооружении МЧС Республики Беларусь мобильной автономной водоочистой установки. Кроме того, проведена оценка целесообразности замены морально и физически устаревшего шасси автомобиля ЗИЛ-131 на шасси автомобиля отечественного производства повышенной проходимости и грузоподъемности (например, МАЗ 6317Х9).

Предложено включить в систему очистки мобильной автономной водоочистой установки фильтрационный модуль, представленный на рисунке, благодаря чему стадия очистки будет состоять только из 2 процессов: предварительная фильтрация и финишная фильтрация [6]. С целью обеззараживания воды, перед поступлением очищенной воды к потребителю, будет проводиться, например, ее озонирование. Это позволит за счет максимального использования отечественных фильтрующих материалов и техники стоимость эксплуатации модернизированной мобильной станции для питьевого водоснабжения будет значительно снижена.

Таким образом, в работе показано, что вышеперечисленные станции и установки применяются для водоподготовки, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций. Показано, что МАВОУ на базе АРС-14 белорусского производства не только не хуже российских установок, но имеет ряд преимуществ: высокую удельную производительность, простоту в обслуживании, мобильность, низкую стоимость, обслуживающий персонал – 1 водитель. Кроме того, создание модернизированной мобильной автономной водоочистой установки белорусского производства позволит обеспечить качественной питьевой водой военнослужащих Вооруженных Сил и пострадавшего населения в результате техногенных катастроф, стихийных бедствий и других угроз, а также снизить отрицательное воздействие последствий аварий природного и техногенного характера на здоровье людей.

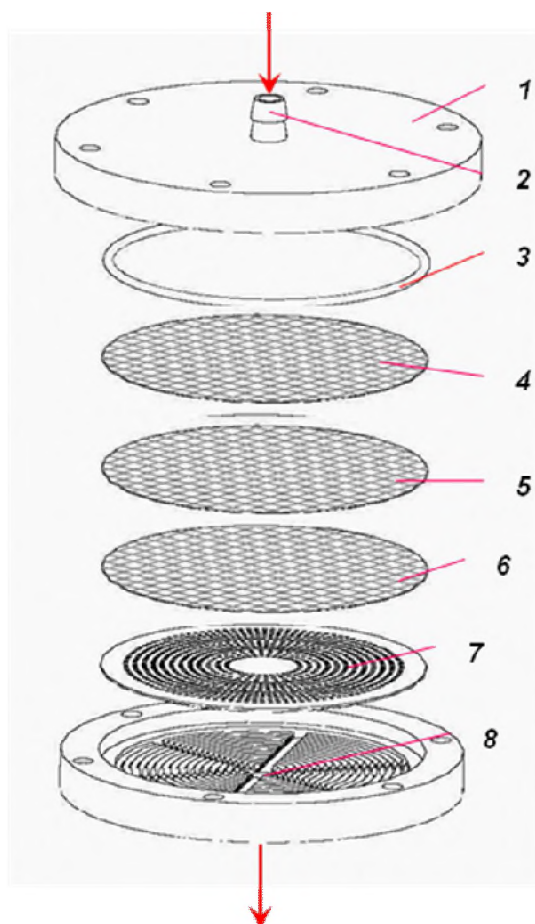


Рисунок. Устройство
фильтрационного модуля:
1 – разъемный корпус, 2 – входное отверстие, 3 – уплотнительное кольцо, 4 – первый фильтроэлемент (волокнистый ионообменный материал), 5 - второй фильтроэлемент (угольный сорбент), 6 - третий фильтроэлемент (полимерная трековая мембрана), 7 – опорный перфорированный диск, 8 – выходное отверстие

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интернет-портал Российской Федерации [Электронный ресурс] / ЗАО Полимерфильтр – Краснодар, 2017. – Режим доступа: <http://www.polymerfilter.ru/> – Дата доступа: 01.08.2017.
2. Интернет-портал Российской Федерации [Электронный ресурс] / ЗАО Конверсия – Москва, 2017. – Режим доступа: <http://www.konversia.com/> – Дата доступа: 01.08.2017.
3. *Гриншпан Д.Д.* Современные методы получения питьевой воды из загрязненных водоисточников в период чрезвычайных ситуаций / Д.Д. Гриншпан [и др.] // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: материалы 4 Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 6–8 июня 2007 г. / НИИ ПБиЧС, редкол.: Э.Р. Бариев [и др.]. – Минск, 2007. – С. 284–286.
4. Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / НИИ ФХП БГУ – Минск, 2017. – Режим доступа: <http://www.fhp.bsu.by/> – Дата доступа: 01.08.2017.
5. *Кравцов А.Г.* Полимерные волокнисто-пористые фильтрующие материалы: [монография] / А.Г. Кравцов, С.А. Марченко, С.В. Зотов, В.М. Станкевич, А.Д. Наумов; под общ. ред. Ю.М. Плескачевского; М-во по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь, Гомельский инженерный институт; Гомельский филиал НАН Беларуси. — Гомель : БелГУТ. —2012 — 319 с.

6. *Станкевич В.М.* Фильтрационный модуль для очистки многофазных сред, используемый для преодоления чрезвычайных ситуаций / В.М. Станкевич, А.Г.Кравцов, Ю.М. Плескачевский, А.С. Михневич // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2015. – Т. 10, № 2. – С. 77–83.

УДК 614.841

М. В. Торопова

ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет

БЕТОНЫ ПОВЫШЕННОЙ ОГНЕСТОЙКОСТИ

Рассмотрены вопросы получения бетонных композиционных материалов с заданными физико-механическими свойствами, позволяющими использовать их в условиях высоких температур.

Ключевые слова: бетон, огнестойкость, способы обеспечения огнестойкости.

М. V. Toropova

FIRE RESISTANCE CONCRETE

The questions of obtaining concrete composite materials with given physical and mechanical properties allowing to use them in high-temperature conditions are considered.

Keywords: concrete, fire resistance, methods of ensuring fire resistance.

Пожары на всех этапах существования человечества приносили серьезный ущерб, приводили к травмированию и гибели людей, уничтожали культурные ценности. Согласно данным, представленным в Государственном докладе МЧС России [1], в нашей стране на протяжении пяти лет обстановка с пожарами и последствиями от них имеет устойчивую положительную динамику снижения. С 2011 по 2015 гг. количество пожаров уменьшилось на 13,6 %, количество погибших при них людей – на 22,0%, травмированных – на 12,7 %. Несмотря на это, все же не удастся избежать крупных аварий. 2015 год не стал исключением – как один из наиболее крупных техногенных пожаров следует отметить пожар, произошедший 30 января в здании библиотеки на территории института «Научной информации по общественным наукам» в г. Москва (рис. 1). Имело место распространение пожара в каркасном железобетонном

здании на площади 2000 м² с последующим обрушением кровли площадью 1000 м². Последствия таковы [2]:

- утрачено 5,42 млн. экземпляров изданий и рукописей;
- трудно восстанавливаемые потери фундаментальной библиотеки ИНИОН РАН составили 2,32 млн. экземпляров;
- уничтожено порядка 15% библиотечного фонда.

Как мы видим, даже бетонное сооружение не всегда является гарантом сохранности исторических, культурных ценностей. Именно поэтому одним из важных направлений научных исследований остается изучение способов, обеспечивающих огнестойкость бетона при воздействии высоких температур пожара.

Последние десятилетия двадцатого века ознаменовались значительными достижениями в теории бетона и изделий на его основе. И хотя исследованию свойств бетонов посвящено множество работ как отечественных, так и зарубежных исследователей, непрерывно возрастают требования к физико-техническим свойствам бетонов, вызывая необходимость создания их новых образцов с комплексом улучшенных показателей. Установлено, что критической температурой, приводящей к снижению несущей способности бетонных конструкций является значение 600°С (рис. 2). Однако, температура окружающей среды во время пожара может достигать более высоких значений 1200°С и более.



Рис. 1. Пожар в здании библиотеки ИНИОН РАН, г. Москва, 30.01.2015 г.



Рис. 2. Изменение свойств бетона при повышении температуры внешнего воздействия

Трещинообразования в бетоне, а, следовательно, потерю несущей способности, можно предупредить или снизить степень их влияния на свойства материала применением дисперсно-армированных бетонов. На сегодняшний день существует несколько видов дисперсно-армированных бетонов, основным признаком классификации которых является физическая природа волокон [3]:

1. Фибробетон с армированием натуральными волокнами
2. Сталефибробетон
3. Стеклофибробетон
4. Фибробетон с армированием синтетическими волокнами
5. Фибробетон с армированием углеродными волокнами
6. Фибробетон с армированием смешанными видами волокон

Несмотря на многообразие применяемых в строительстве дисперсно-армированных бетонов, в вопросе предотвращения образования и снижения темпов развития трещин ведущая роль отводится смешанным видам волокон. Например, использование двух и более видов фибры, в частности, смесь стальных и синтетических волокон.

Одновременное использование волокон разной длины способствует сокращению количества, как микро-, так и макротрещин. Короткие волокна уменьшают количество микротрещин, позволяя избежать значительных дислокаций напряжений. Длинные же волокна, значительно понижающие удобоукладываемость бетонной смеси, необходимы для снижения числа дискретных микротрещин при высоких нагрузках. Причем важно, чтобы объем длинных волокон был меньше по сравнению с объемом коротких. Содержание фибры менее 1% используется преимущественно для повышения трещиностойкости в плитах дорожных покрытиях, подвергающихся истиранию поверхности и высоким темпам развития усадочных трещин. Присутствие волокон в объеме от 1 до 2% повышает предел прочности, сопротивление развитию трещин, ударную прочность, что позволяет применять этот композит для торкрет-бетонирования. Высокое содержание фибры более 2% предназначено для деформационного упрочнения, создания ультравысокопрочного бетона.

Сама по себе фибра обладает высокой прочностью при растяжении и повышенным модулем упругости. Коэффициент теплового расширения у нее находится в тех же пределах, что и у цементного камня. Правда приходится констатировать, что фибра способна играть свою роль – приостанавливать развитие волосяных трещин – лишь на расстоянии между отдельными волокнами не более 12 мм (максимальная крупность заполнителя, которую не следует превышать). Таким образом, для бетона, армированного стальными волокнами различной длины характерна повышенная огнестойкость, низкая ползучесть, а также высокие деформативные характеристики. В целом дисперсное армирование от 1 до 3% стальных волокон может увеличить прочность при сжатии до 40% и прочность при изгибе до 150%, резко увеличивает сопротивляемость механическим и тепловым ударам, повышает огнестойкость. Дисперсно-армированный бетон может быть рекомендован для строительства таких сооружений, как музеи и библиотеки, позволяя тем самым обеспечить сохранность не только имущественных, но и культурных ценностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2015 году» / – М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016
2. https://www.gazeta.ru/science/2016/01/30_a_8047343.shtml [Электронный ресурс] (дата обращения 28.07.2017)
3. *Базанов С.М., Торопова М.В.* Улучшение качества бетона на основе использования смешанных видов волокон [Электронный ресурс] // <http://www.ibeton.ru/a216.php> (дата обращения 30.07.2017)

УДК 54.03; 537.311.322

Ю. В. Царев, А. Н. Тростин, А. А. Солодухин

ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

РАЗРАБОТКА ДАТЧИКОВ ВЗРЫВООПАСНЫХ И ДОВЗРЫВООПАСНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО НАСЫПНОГО ЭЛЕКТРОДА

Работа посвящена исследованию сенсорных свойств активированного угля, размещаемого в проточном объемно- пористом реакторе. Спектры активированного угля в ИК - области позволили установить, что поверхность образцов является гидрофобной: присутствуют характеристические полосы пропускания деформационных колебаний C=C ароматического кольца ($1033,5$ и $1053,6$ см⁻¹), карбонильной группы ароматических, алифатических кислот ($-C=O$ 1626 см⁻¹), полоса пропускания в области $3430,7$ см⁻¹ соответствует валентным колебаниям –ОН группы Показана возможность использования проточной объемно- пористой ячейки с засыпкой на основе активированного угля в качестве сенсорного устройства, позволяющего определять ацетон в газо- воздушной смеси.

Ключевые слова: сенсоры, электрокатализ, взрывоопасные концентрации, довзрывоопасные концентрации.

Yu. V. Tsarev, A. N. Trostin, A. A. Solodukhin

DEVELOPMENT OF SENSORS OF EXPLOSIVE AND PRE-EXPLOSIVE CONCENTRATIONS ON THE BASIS OF A POROUS BULK ELECTRODE

The work is devoted to the study of the sensory properties of activated carbon placed in a flow-through bulk-porous reactor. The spectra of activated carbon in the IR region made it possible to establish that the surface of the samples is hydrophobic: there are characteristic transmission bands of the deformation vibrations C = C of the aromatic ring (1033.5 and 1053.6 cm⁻¹), the carbonyl group of aromatic, aliphatic acids ($-C =$ About 1626 cm⁻¹), the bandwidth in the region of 3430.7 cm⁻¹ corresponds to stretching vibrations of

the -OH group. It is shown that a flow-through porous bulk cell with backfilling on the basis of activated carbon can be used as a sensing device, allow To determine acetone in a gas-air mixture.

Keywords: Sensors, electrocatalysis, explosive concentrations, pre-explosive concentrations.

Разработка портативных сигнализаторов и анализаторов газов необходима для повышения безопасности проведения работ по добыче полезных ископаемых и улучшения контроля за наличием токсичных и взрывоопасных газов в атмосфере, как промышленных предприятий, так и в быту. Отсутствие надежных и экономичных сенсоров сдерживает разработку мобильной аппаратуры контроля и анализа различных газовых сред.

В связи с этим актуальной задачей является разработка миниатюрных химических сенсоров, отличающихся низким энергопотреблением, высоким быстродействием, дешевизной. Наиболее широко для производства сенсоров используется оксиды олова, цинка и др.. Принцип действия таких сенсоров основан на том, что обратимая хемосорбция активных газов на их поверхности сопровождается обратимыми изменениями проводимости. При этом высокая чувствительность к содержанию в атмосфере целого ряда токсичных и взрывоопасных газов, а также возможность управления процессами, происходящими на поверхности и в объеме полупроводника, делают эти материалы особенно привлекательными.

Анализ литературных данных [1-3] показал, что для получения резистивных сенсоров наиболее перспективны методы микроэлектронной тонкопленочной технологии, которая облегчает промышленное производство датчиков с воспроизводимыми параметрами. Вместе с тем, продолжают поиски новых эффективных и дешевых материалов для сенсорных датчиков. В этом ряду особым образом расположены полуметаллы [4, 5]. Они обладают аномально малым числом носителей заряда, приходящихся на один атом вещества. Полуметаллы обладают всеми свойствами металлов при низких температурах. С другой стороны, ряд свойств полуметаллов делает их похожими на полупроводники: значительно более низкая электропроводность, чем у металлов; заметное возрастание числа носителей при повышении температуры. Полуметаллы занимают промежуточное положение между металлами и полупроводниками. К ним в частности относятся элементы V группы периодической системы элементов (As, Sb, Bi), графит и некоторые соединения (GeTe и др.). Атомы углерода (рис. 1) в отдельном слое графита расположены в вершинах правильных шестиугольников и образуют структуру с полностью насыщенными связями. Электронный энергетический спектр такого слоя является спектром бесщелевого полупроводника. Слабое перекрытие волновых функций электронов в соседних

слоях приводит к возникновению полуметаллического спектра трёхмерного графита с перекрытием зон в районе 0,04 эВ. В графите поверхность Ферми сильно анизотропна. Её электронные и дырочные части вытянуты, вдоль боковых рёбер НКН зоны Бриллюэна и близки по форме к гофрированным в базисной плоскости эллипсоидам.

Отношение экстремальных сечений поверхности Ферми для электронов и дырок равно 10. Электронные (с центром в точках К зоны Бриллюэна) и дырочные участки поверхности Ферми соприкасаются между собой. В малой окрестности точек соприкосновения поверхности близки к коническим. Кроме описанных частей поверхности Ферми, которые относятся к т.н. основным носителям заряда вблизи точек К и Н в зоне Бриллюэна расположены изоэнергетические поверхности малых групп электронов и дырок (неосновные носители).

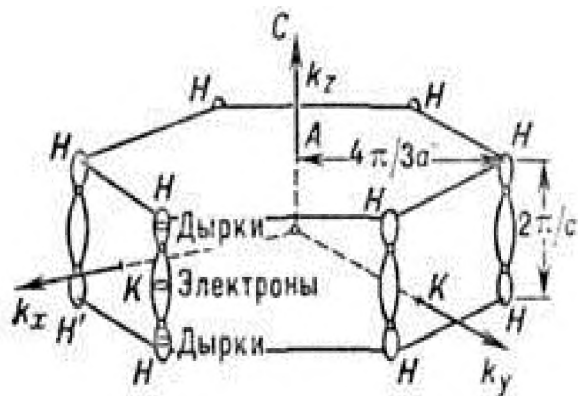


Рис. 1. Зона Бриллюэна графита

Все вышесказанное позволяет заключить, что некоторые формы углерода способны проявлять сенсорные свойства.

Рассматриваемая работа посвящена исследованию сенсорных свойств активированного угля, размещаемого в проточном объемно-пористом реакторе. Для опытов использовали гранулированный активированный уголь марки АГ-2. В качестве модельной газовой смеси нами исследовалась смесь, состоящая из воздуха и ацетона с концентрацией последнего $1-2 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$. Сенсорное устройство представляло из себя трубку диаметром 1 см, в которой помещался исследуемый активированный уголь. Насыпной электрод поддерживался с обеих сторон трубки тоководами с сетчатыми медными электродами. Расстояние между сетчатыми электродами составляло 6 до 8 см. Расход анализируемого газа устанавливали с помощью натекателя и предварительно отградуированного расходомера. В реакторе между сетчатыми электродами размещался активированный уголь. На сетчатые электроды подавалось переменный или постоянный ток. Напряжение, подаваемое на сетчатые медные электроды варьировалось в интервале 5- 15 В. Силу тока и напряжение регистрировались вольтметром (V) и миллиамперметром (A). Чувствительность системы S определяли на основании соотношения: $S = R_o / R_d$. R_o - электрическое сопротивление сенсорного устройства при пропускании воздуха через проточную объемно пористую ячейку, Ом. R_d - электрическое сопротивление сенсорного устройства при пропускании ацетонно-воздушной смеси через проточную объемно пористую ячейку, Ом. Электрическое сопротивление (R_o , R_d) определяли на основании показаний амперметра и вольтметра. Определение сопротивления R (Ом) для сенсорного устройства осуществляли расчетным методом по формуле $R = U / I$, где U- напряжение, Вольт; I, сила тока, Ампер.

В ходе экспериментов нами исследовались сенсорные свойства активированного угля. На рис. 2 представлена зависимость чувствительности газового сенсора S , состоящего из гранул активированного угля, от времени для ацетоно-воздушной смеси.

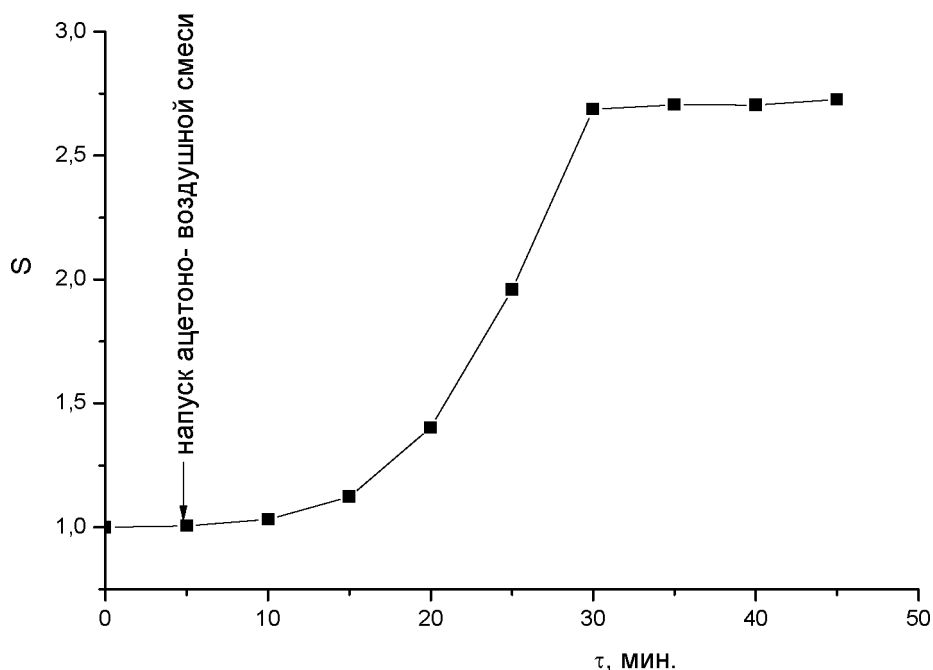


Рис. 2. Зависимость чувствительности сенсора S от времени

Исследование спектров активированного угля в ИК - области (рис. 3) показывает, что поверхность образца является гидрофобной: присутствуют характеристическая полоса пропускания (3) деформационных колебаний $C=C$ ароматического кольца ($1033,5$ и $1053,6$ cm^{-1}). Отмечается присутствие карбонильной группы (1) ароматических, алифатических кислот ($-C=O$ 1626 cm^{-1}). Интенсивность полосы пропускания карбонильной группы незначительная. Полоса пропускания (5) в области $3430,7$ cm^{-1} соответствует валентным колебаниям $-OH$ группы [6].

Таким образом, в результате выполненных экспериментов показана возможность использования проточной объемно-пористой ячейки с засыпкой на основе активированного угля в качестве сенсорного устройства, позволяющего определять ацетон в газо-воздушной смеси. Литературные данные относительно полупроводниковых свойств соединений углерода, а также наличие кислородных групп на поверхности активированного угля позволяют заключить, что сенсорные свойства АУ определяются адсорбцией ацетона на поверхности АУ и возможное изменение поверхностного заряда и его проводимости.

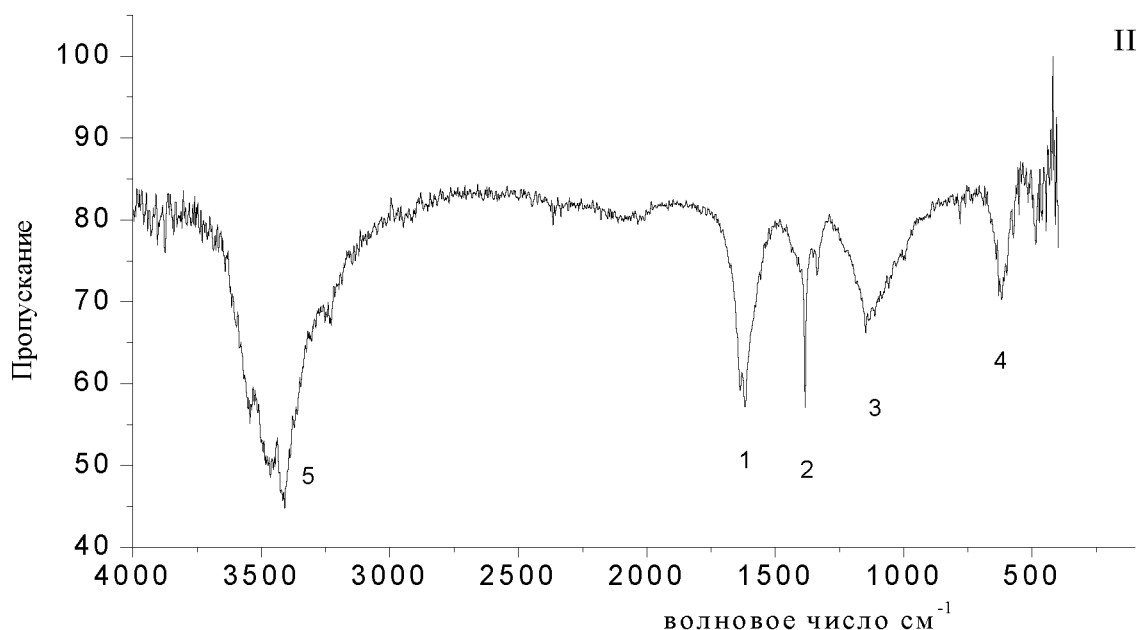


Рис. 3. ИК-спектр активированного угля

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волькенштейн Ф.Ф. Электронные процессы на поверхности полупроводников при хемосорбции. М.: Наука, 1987. - 432 с.
2. Мясников И.А., Сухарев В.Я., Куприянов Л.Ю. Полупроводниковые сенсоры в физико-химических исследованиях. М.: Наука, 1991.-327 с.
3. J.F. McAleer, P.T. Moseley. Tin dioxide gas sensors. // J. Chem. Soc. Faraday Trans. 1987. - V. 83. - P.1323 - 1346.
4. Clarke R., Uher C. High pressure properties of graphite and its intercalation compounds // J. Adv. Phys., 1984, V. 33, № 5 p. 469
5. Brandt N.B., Chudinov S.M., Ponomarev Y.G., Semimetals I. Graphite and its compounds, Amst., 1988.
6. Головизина Т.С., Левченко Л.М., Митькин В.Н., Шелудякова Л.А., Керженцева В.Е. Функциональные кислородсодержащие группы на окисленной поверхности наноуглеродного материала // Неорганические материалы, Т. 46, вып. № 5, 2010, с. 548-554.

УДК 622.822

Д. А. Шнейдер, А. Ш. Мамедов

ФГБОУ ВО Уральский государственный горный университет

ОБОСНОВАНИЕ ТУШЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ПОЖАРОВ ПО ГАЗОВОМУ АНАЛИЗУ

Рассмотрено обоснование тушения подземных пожаров по газовому анализу. Приведены зависимости, позволяющие оценить динамику тепловыделения на пожарном участке и наметить средства для подавления пожара.

Ключевые слова: подземный пожар, тушение пожара, газовый анализ, углеводороды.

D. A. Schneider, A. Sh. Mamedov

JUSTIFICATION FOR EXTINGUISHING UNDERGROUND FIRES ON GAS ANALYSIS

The rationale of extinguishing underground fires in gas analysis. The dependences allow to assess the dynamics of heat release at the fire station and outline the means for fire suppression.

Keywords: underground fires, fire fighting, gas analysis, hydrocarbons.

Успех ликвидации подземного пожара полностью зависит от точности наших знаний об энергетике процесса горения. Идея обоснование параметров пожара уже рассматривалась ранее, однако упор делался на определение углеродосодержащих продуктов горения. Погрешность такого подхода очевидна, поскольку костяк молекул горючих материалов органического происхождения составляют углеводородные цепочки, одним из конечных продуктов сгорания которых, является вода.

Общее количество тепла, выделяющееся на пожарном участке, определяется величиной:

$$Q(t) = 2\varepsilon[n \downarrow q \uparrow t - \int_0^t n \downarrow(t')q \downarrow(t')dt'] - w\{\int_0^t q \downarrow(t')[\sum_i x_{ini}(t') + 2n \downarrow(t')]\}dt' - 2n \uparrow q \uparrow t\}, \quad (1)$$

где ε - усредненная теплота сгорания одного атома кислорода; $q \downarrow$ и $q \uparrow$ - расход газа на входе и выходе; $n \downarrow$ и $n \uparrow$ - соответствующие концентрации кислорода в по-

токах; n_i – концентрация i -того кислородосодержащего компонента; X_i – число атомов кислорода в молекуле i -того компонента.

Избыток кислородосодержащих в исходящих струях обычно связан с испарением влаги на пожарном участке, так что W есть средняя теплота парообразования, приходящаяся на одну молекулу воды. Если в момент t_0 пожар выходит на стационарный режим горения, характеризующийся полным выгоранием кислорода, то кривая (I) превращается в прямую, наклон которой определяет максимальную скорость выделения тепла:

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial t}\right)_{\max} = 2(\varepsilon + W)n \uparrow q \uparrow - Wq \downarrow (t_0) \sum_i x_i n_i(t_0) \quad (2)$$

Пусть $\sigma(t)$ – скорость поглощения тепла, которая наблюдается при вводе пожар тушащего вещества. Условие тушения в данном случае определяется выполнением неравенства:

$$\sigma > \frac{\partial Q}{\partial t} \quad (3)$$

При использовании тушащих средств на основе воды, знание величины (I) позволяет оценить тот объём воды, который необходимо испарить для отбора выделившегося при пожаре тепла, вычисляемый по формуле:

$$V(t) = \frac{Q(t)}{\rho \aleph}, \quad (4)$$

где ρ – плотность воды; \aleph – удельная теплота парообразования.

Вывод: Таким образом, главный анализ исходящих струй по кислородосодержащим компонентам позволяет проследить динамику тепловыделения на пожарном участке и наметить средства для подавления пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Осинов С.Н.* Борьба со взрывами газа в горных выработках. - «Недра», 1972.
2. *Баратов А.Н.* Ингибирование цепных газовых реакций. Министерство высшего и среднего специального образования - Каз. ССР. Алма-Ата, 1971, стр.182-204.
3. *Зельдович Я.Б.* Теория горения и детонации газов. - М.-Л., 1944.
4. *Балтайтис В.Я., Маркович Ю.М.* Метод определения некоторых параметров подземного пожара по составу пожарных газов. «Горный журнал». Известия вузов, №9, с. 46-51, 1967.
5. *Фрейдман С.Л.* Самовозгорание угольного скопления в выработанном пространстве выемочного участка. – ФТПРПИ, 1982, № 4, с. 91-96.
6. *Коздоба Л.А., Круковский П.Г.* Методы решения обратных задач теплопереноса. – Киев: Наукова думка, 1982. - 358 с.

**ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ
СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ,
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ
И СЕРТИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ**

621.315.2 : 006.354

А. А. Варламкин
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

**ОШИБКИ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ И ЭЛЕКТРОПРОВОДОК ЗДАНИЙ
ПРИ ПЕРЕСЕЧЕНИИ ИМИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
С НОРМИРОВАННЫМ ПРЕДЕЛОМ ОГНЕСТОЙКОСТИ**

В условиях современного развития строительных технологий, разработки новых строительных материалов, возросшего энергопотребления и как следствие значительной концентрации электроприемников и кабелей их питающих, наиболее остро встает вопрос об обеспечении пожарной безопасности узлов пересечения кабельными линиями и электропроводками строительных конструкций с нормированным пределом огнестойкости согласно требованиям Федеральных законов [1] и [2].

Ключевые слова: пожарная безопасность кабельных линий, методы испытаний кабельных линий, системы противопожарной защиты, стандартизация в области пожарной безопасности.

A. A. Varlamkin

**ERRORS IN THE FIRE SAFETY CABLE LINES AND WIRING OF BUILDINGS
AT THE CROSSING OF BUILDING STRUCTURES WITH A NORMALIZED
LIMIT OF FIRE RESISTANCE**

In the modern development of construction technologies, development of new building materials, increased energy consumption and as a consequence a significant concentration of electrical equipment and their supply cables, the most acute question about the fire safety of the crossing points of cable lines and electrical wiring of building structures with a normalized limit of fire resistance in accordance with the requirements of Federal laws [1] and [2].

Keywords: fire safety cable lines, methods of testing cable lines, fire protection system, standardization in the field of fire safety.

При участии в работе различных комиссий по осуществлению консультационных и надзорных функций за проектированием объектов различного назначения неоднократно выявлялись ошибки проектирования горизонтальных и вертикальных каналов для прокладки кабелей и проводов в зданиях и сооружениях.

К наиболее часто встречающимся ошибкам проектирования горизонтальных и вертикальных проходов кабельных линий и электропроводок через строительные конструкции с нормированным пределом огнестойкости следует отнести следующие:

1. Применение так называемых «противопожарных пен», сертифицированных согласно Стандарту [3];

2. Заделка проемов в строительных конструкциях горючими материалами, в том числе такими как «монтажная пена»;

3. Отсутствие рекомендаций, а так же методик по определению наиболее подходящих конструкций кабельных проходов исходя из количества, типа исполнения и расположения кабелей при устройстве кабельных проходов различных по глубине заделки, устанавливаемых в строительной конструкции;

4. Отсутствие контроля со стороны эксплуатирующих организаций в части:

а) состояния электрической изоляции кабелей в составе кабельных линий и электропроводок, в последующем приводящее к короткому замыканию и возгоранию электрических кабелей;

б) отсутствие контроля технического состояния ранее установленных кабельных проходов в строительных конструкциях;

в) не соблюдение технической документации производителя кабельных проходов при монтаже.

В настоящее время, в рамках научной работы, сотрудниками института ведется разработка метода математического моделирования для определения пределов огнестойкости кабельных проходов. Данный метод предполагается как альтернатива проведению огневых испытаний, согласно Стандарту [4], при котором учитываются следующие условия:

- геометрические параметры прокладываемых кабелей, типы их исполнения, материалы конструкций кабельных проходов и глубина их заделки;

- теплофизические свойства материалов кабельных изделий и конструкций кабельных проходов;

- внутренние источники теплоты кабельных проходов, в виде длительно допустимой температуры нагрева ТПЖ, предельной температуры нагрева ТПЖ, а также допустимой температуры нагрева ТПЖ по условию невозгорания кабеля (кабелей), согласно Стандарту [5], а так же токовых нагрузок, предполагаемых в период эксплуатации объекта, согласно проектной документации.

На сегодняшний день, работа по созданию математической модели проведения испытаний, согласно п.4.1 Стандарта [4] завершена и апробирована, по результатам которой допускается утверждать, что задача является уникальной исходя из следующих особенностей:

- рассматривается нелинейная теплопроводность и горение материалов конструкций кабельных изделий и кабельных проходок;

- командный (исполнительный) файл разрабатывается для каждой конструкции кабельной проходки, в зависимости от времени воздействия стандартного температурного режима пожара, по Стандартам [6] или [7], набора кабелей, материала заделки, а так же пространственной ориентации кабелей при пересечении данного инженерного узла.

Результаты проведенных испытаний и расчетов на идентичных образцах кабельных проходок представлены в таблице.

Таблица. Сравнение результатов расчета к результатам испытания идентичных кабельных проходок

T, сек	t, °С, по стандарту [6]	t, °С, на поверхности материала заделки	t, °С, на оболочке кабельного изделия марки ВВГнг(А)-LS 1x120 мм², в 5 мм от края заделки
<i>При расчете, согласно разрабатываемому методу математического моделирования по определению предела огнестойкости кабельной проходки</i>			
7200	1049,04	20,528	138,55
<i>При проведении испытаний согласно Стандарту [4]</i>			
7200	1054,7	30,68	126,33

Работа по определению температурных полей, при внутренних источниках теплоты, в кабельных проходках находится на завершающейся стадии.

Разрабатываемая модель позволит исключить ошибки, допускаемые проектными и монтажными организациями в части заполнения проемов строительных конструкций с нормированным пределом огнестойкости при и пересечении кабельными линиями и электропроводами путем подбора наиболее подходящих кабельных проходок по количеству, типу исполнения, геометрической ориентации кабелей, материала и глубины заделки, а так же учета внутренних источников теплоты, напрямую связанных с безаварийной эксплуатацией кабельных линий и электропроводок объекта строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

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

3. ГОСТ 30971-2012 «Швы монтажные узлов примыкания оконных блоков к стеновым проемам. Общие технические условия».

4. ГОСТ Р 53310-2009 «Проходки кабельные, вводы герметичные и проходы шинопроводов. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний на огнестойкость».

5. ГОСТ 31996-2012 «Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ. Общие технические условия».

6. ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования».

7. ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014 «Конструкции строительные. Испытания на огнестойкость. Часть 2. Альтернативные и дополнительные методы».

УДК 519.6

М. Г. Есина, А. Б. Махмудов, М. С. Гаджиев

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ СТАТИСТИКИ АВАРИЙ В МИРЕ, ПРОИЗОШЕДШИХ НА АЭС

В статье проведен анализ статистики аварий, произошедших на атомных электростанциях в мире в период с 1958 по настоящее время, указаны основные причины аварий, приведена динамика роста количества реакторов АЭС.

Ключевые слова: атомная электрическая станция, международное агентство по атомной энергии, статистика, авария на электростанции, причина аварии.

M. G. Esina, A. B. Makhmudov, M. S. Gadzhiev

ANALYSIS OF STATISTICS OF ACCIDENTS IN THE WORLD INCIDENT AT NUCLEAR POWER PLANTS

The article analyzes the statistics of accidents that occurred at nuclear power plants in the world in the period from 1958 to the present, the main reasons for accidents are specified; dynamics of growth of number of reactors of the NPP is given.

Keywords: Nuclear power plant, international agency for atomic energy, statistics, accident at a power plant, accident cause.

Безопасное и стабильное функционирование техногенных объектов обеспечивают устойчивое развитие общества. Устойчивое состояние АЭС определяется надежностью ее технологической части, которая оценивается вероятно-

стью проектной аварии (ПА). По данным экспертов международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) численное значение этой вероятности колеблется от 0,0001 до 0,0003.

Основные причины аварий на электростанции:

- ✓ ошибки в обслуживании системы,
- ✓ износ оборудования,
- ✓ стихийные бедствия.

Реже происходят аварии из-за ошибок в проектировании. Наиболее распространен человеческий фактор возникновения чрезвычайных происшествий. Сбои работы оборудования сопровождаются выбросом радиоактивных частиц в окружающую среду.

В настоящий момент согласно данным МАГАТЭ в мире действуют 443 атомных реактора и около тридцати из них находятся в стадии строительства или модернизации. Динамика роста количества реакторов АЭС представлена на рис. 1.

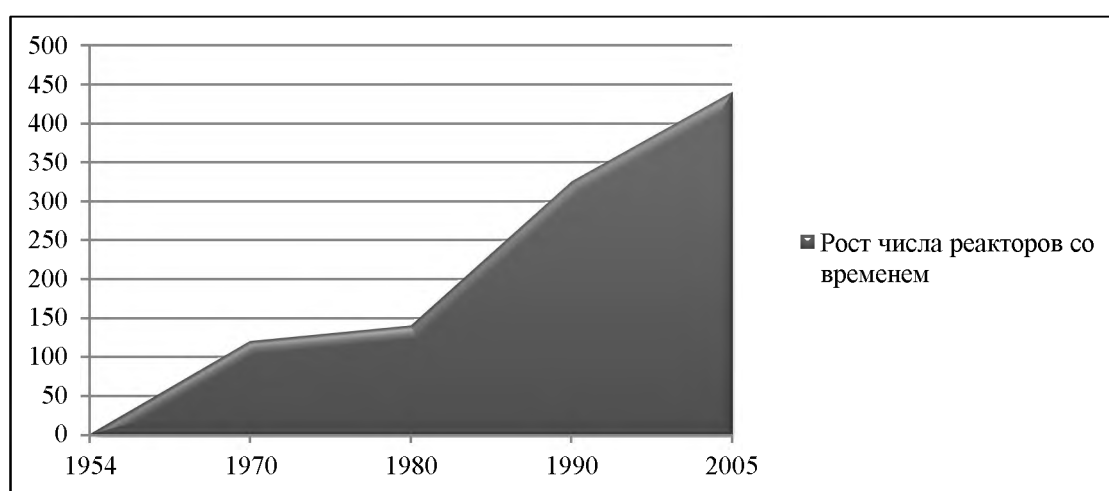


Рис. 1. Рост числа реакторов со временем

Большинство ядерных реакторов находятся в США (104), Франции (59), Японии (53), Великобритании (35) и России (32) (рис. 2).

Степень защищенности человечества, а также среды обитания и жизнедеятельности от нарастающих опасностей природно-техногенных катастроф, несмотря на предпринимаемые усилия во всем мире, пока не повышается. Весьма важным является возможность достоверно оценить рискообразующие факторы воздействия, которые случайным образом генерируются самой природно-техногенной средой.



Рис. 2. Число реакторов в отдельных странах

На рис. 3 представлен график количества аварий по каждой из стран, в которых совершались аварии в период с 1958 по 2011 год. Максимальное количество аварий происходило в США (40, что составило 23,1% от общего числа аварий), на втором месте Германия (29, что составило 16,8% от общего числа аварий), на третьем месте Россия (16 и плюс 2 аварии России во времена СССР, что составило 10,4%). В США максимальное количество аварий объясняется большим количеством АЭС (104), в Германии – 17, в России – 32.

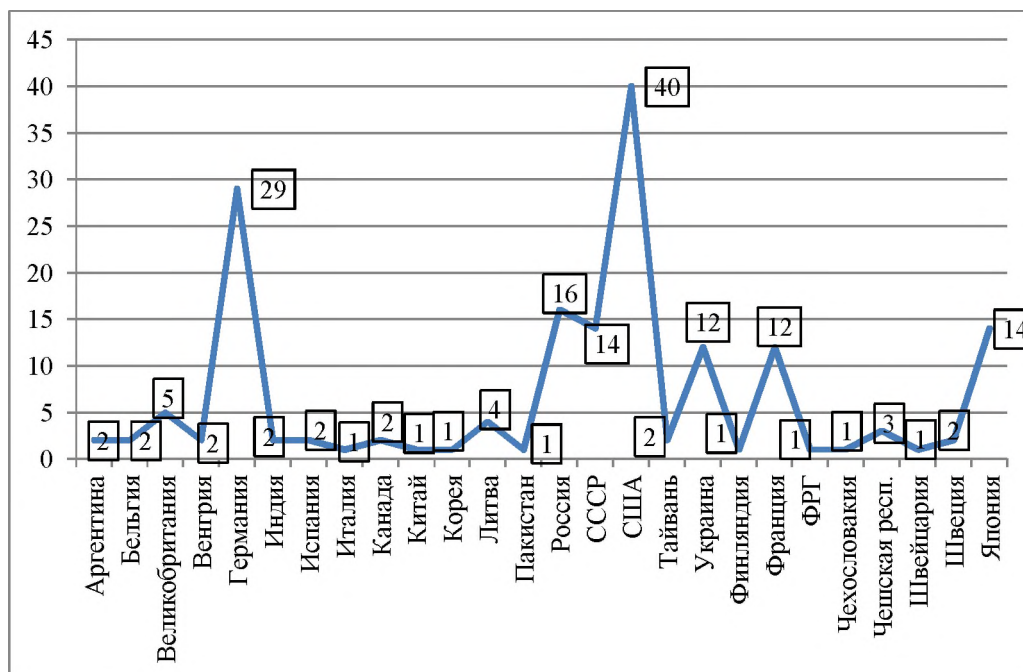


Рис. 3. Количество аварий по странам

Франция по количеству АЭС на втором месте после США, но относительное количество ниже, чем в Германии и США. Можно заметить, что Корея (20 АЭС), Китай (11 АЭС) при наличии немаленького количества АЭС, аварий случалось всего по 1 единице, что можно объяснить вероятно качеством и безопасностью построенных АЭС. Наименьшее количество аварий происходило в Италии (1 или 0,6%), Китае (1 или 0,6%), Корее (1 или 0,6%), Пакистане (1 или 0,6%), Финляндии (1 или 0,6%), Швейцарии (1 или 0,6%)

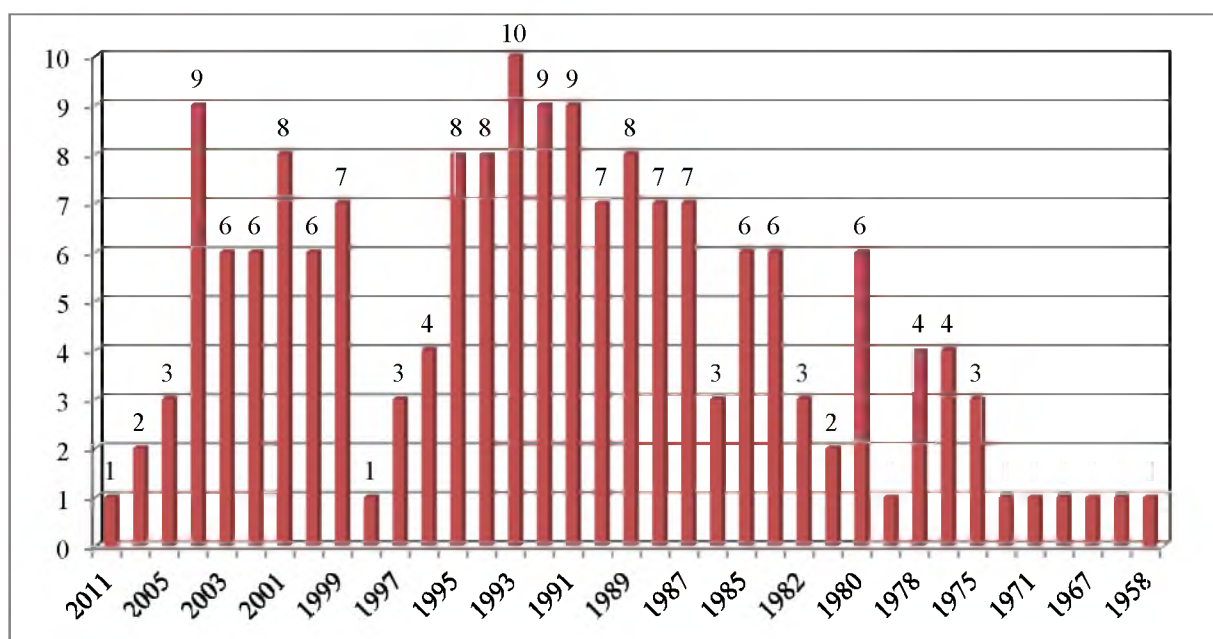


Рис. 4. Количество аварий в период с 1958 по 2011 год

За весь период исследования происходило две временных вспышки аварий: 1-я – с 1986 по 1995 и с 1999 по 2004 год (рис. 5).

За рассматриваемый период наиболее часто случались аварии на АЭС в США (40 или 23,1%), в Германии (29 или 16,8%), Россия (16 или 9,2%), в СССР (14 или 8,1%), в Японии (14 или 8,1%), на Украине (12 или 6,9%), во Франции (12 или 6,9%). (рис. 5, табл.2). Количество аварий зависит не только от каких-то технических причин, но и от числа АЭС в стране.

Средний показатель аварий в мире с учетом 26 стран, которые рассматриваются в исследовании, за период с 1958 г. по настоящее время, составляет величину:

$$x_{cp.} = \frac{173}{26} \approx 7 \text{ аварий.}$$

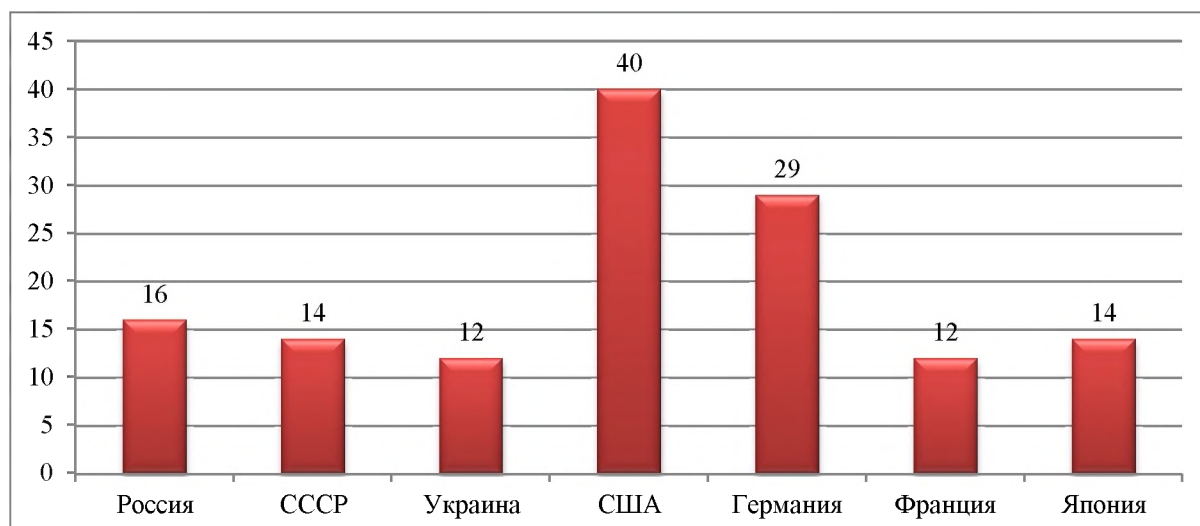


Рис. 5. Страны, где происходило наибольшее количество аварий

В России наиболее часто аварии совершались на Кольской АЭС (4), Боярской АЭС (4) и Южно-Украинской АЭС (2 во времена СССР и 2 после 1990 г.), в США нет частых аварий на одной АЭС, максимум 2 аварии на одном АЭС, в Германии же наблюдается частое количество аварий на АЭС Библис-Б – 3, Крюммель – 3, Филиппсбург-2 – 3.

Таким образом, в статье приведена статистика по авариям на АЭС, произошедшим в период с 1958 по 2011 год во всем мире. Проведен анализ числа ядерных реакторов в мире, количества аварий на АЭС, произошедших во всем мире, рассмотрены страны, где наиболее часто происходили аварии за этот период.

Можно сделать вывод о состоянии чрезвычайной ситуации, в которой в настоящее время находятся многие АЭС. Необходимо отметить, что в период с 2011 г. по настоящее время крупных аварий не зафиксировано. Тем ни менее, ослабление технологического, информационного контроля области современных опасных производств и технологий со стороны общества, государства может привести к необратимым последствиям.

Таблица. Частотная таблица стран с наибольшим количеством аварий

Россия	16
СССР	14
Украина	12
США	40
Германия	29
Франция	12
Япония	14

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонова А. М. Экологические проблемы АЭС и их решения / А. М. Антонова // Промышленные ведомости. – 2010. № 10-12.

2. Булыгин Ю. И. Анализ и оценка подверженности атомных электростанций природно-техногенным чрезвычайным ситуациям // Вестник ДГТУ. – 2012. – № 4 (65).

3. <http://www.greenpeace.org/russia/ru/campaigns/nuclear/accidents/statistics/>

УДК 814.841

*В. Н. Михалин, В. И. Попов, М. В. Пуганов, А. Н. Песикин,
О. И. Цеценевская*

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ О ТРЕБОВАНИЯХ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: НЕПРЕОДОЛИМЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Практика применения современной системы нормативных документов по пожарной безопасности выявила преимущества и недостатки. Одним из главных недостатков в вопросах обеспечения безопасности людей неоднозначное понимание требований.

Ключевые слова: регламент, идентификация, объект, выход, эвакуация, безопасность.

V. N. Mixalin, V. I. Popov, M. V. Puganov, A. N. Pesikin, O. I. Zezenevskaja

THE TECHNICAL REGULATIONS ABOUT FIRE SAFETY REQUIREMENTS: INSUPERABLE APPLICATION PROBLEMS

The application of modern system fire safety regulatory documents found out the advantages and disadvantages of this system. One of the main disadvantages in peoples' safety is misunderstanding the necessary rules.

Keywords: the technical regulations, the identification, an object, emergency exit evacuation, safety.

Закон «О техническом регулировании» [1], принятый в 2002 году, послужил основой гибкой системы нормирования обеспечения пожарной безопасности. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [2] (далее Регламент) первый документ, принятый в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» [1]. Регламент позволил на законодательном

уровне реализовать конституционное право собственника рисковать своим имуществом. Опыт практического применения принятой системы нормативов по пожарной безопасности наряду с преимуществами перед предшествующей системой выявил ряд недостатков, которые вызывают значительные проблемы у владельцев объектов, проектировщиков и специалистов надзорных органов в вопросах обеспечения безопасности людей при пожарах и авариях на объектах защиты.

Статьи с анализом практики применения, о достоинствах и недостатках «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» [2] опубликованы в различных изданиях [3–26]. Анализ отдельных положений Регламента [2] разными авторами нередко имеет прямо противоположные выводы. Так, профессор О.И. Жилин утверждает «с принятием Технического регламента количество документов, требования которых должны выполняться организациями в отношении технического регулирования в области пожарной безопасности, многократно сократилось, их содержание стало понимаемым и, главное, реализуемым» [17].

Но многие авторы отмечают, что принятие Регламента создало многочисленные проблемы в области обеспечения пожарной безопасности объектов. Инженер В.С. Тимошин в статье «Пожарная безопасность в плену проблем» [21] отмечает, что «Сегодня работа специалистов, занимающихся проектированием противопожарной защиты, сродни работе сапера...». А.В. Красавин делает вывод «по результатам проведенной экспертизы на коррупциогенность «Технического регламента...», а также его анализа на предмет соответствия концепции правового обеспечения реформы технического регулирования закономерен вывод о необходимости проведения работы по внесению изменений в рассматриваемый закон, так как многие его нормы содержат требования, которые согласно ФЗ «Об антикоррупционной экспертизе...» являются коррупционными». Авторы В.Б. Коробко и Ю.М. Глуховенко в статье «Пожарная безопасность зданий и сооружений в контексте действий двух федеральных законов: «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» и «Технического регламента о безопасности зданий и сооружений» [11], отмечают, что анализ положений и практики применения Регламента позволяют утверждать, что авторы Регламента не решили ни одной из проблем: «не сократили количество технических требований до уровня, соизмеримого угрозам жизни и здоровью людей...; не привели содержание технических требований в соответствии с целями технического регулирования; не ликвидировали существующий административный барьер в виде системы жесткого нормирования ...». В статье «Проблемы применения нормативных документов по пожарной безопасности» [26] авторы утверждают – «одной из главных целей разработки Технического регламента являлось уменьшение количества нормативных документов по пожарной безопасности... основная цель, преследуемая разработчиками не достигнута... когда новые нормы действуют наравне со старыми, а старые еще действуют и будут действовать много лет. В результате норм стало больше, чем было».

Многочисленные проблемы, которые возникли при применении технического регламента [2] и нормативных документов по пожарной безопасности (ГОСТы, Своды правил) в вопросах обеспечения пожарной безопасности людей на объектах защиты, связаны с недостатками, содержащимися в документах.

В настоящей статье мы обращаем внимание на проблемы применения конкретных требований статей регламента [2] по основным вопросам – вопросам обеспечения пожарной безопасности людей в зданиях при пожарах и авариях.

Наиболее важными вопросами в Регламенте определение правил идентификации технических требований. В Регламенте по многим вопросам, в том числе по обеспечению безопасности людей в здании при пожаре, участники строительной деятельности оказались в условиях неустраиваемых противоречий. Как отмечают В.Б. Коробко и Ю.М. Глуховенко [11] «в настоящее время наблюдается жесткая конкуренция всех со всеми». Неоднозначность понимания требований Регламента проектировщиками, заказчиками, строителями, надзорными органами вызывают сомнения о соответствии требованиям Регламента у специалистов разрабатывающих проектную документацию и надзорных органов. Это приводит в заблуждение заказчиков.

На кафедре пожарной безопасности объектов защиты ФГБОУ ВО ИПСА МЧС России разработаны опросные листы и проведен опрос 50 специалистов пожарной безопасности из различных регионов по выявлению однозначности понимания требований Регламента по некоторым вопросам обеспечения безопасности людей при пожарах в зданиях. Результаты опроса приведены в таблице.

Таблица. Результаты опроса по однозначности понимания специалистами пожарной безопасности требований Регламента

№ вопр.	Вопрос	Варианты ответа	Ответы в %
1	2	3	4
1.	Согласно ст. 2 Технического регламента «эвакуационный выход - выход, ведущий на путь эвакуации, непосредственно наружу или в безопасную зону» - что Вы принимаете за «эвакуационный выход»?	Дверной проем, защищенный дверью	66
		Дверной проем, защищенный или не защищенный дверью	20
		Любой проем соединяющий помещения	14
2.	Что Вы принимаете за эвакуационный выход с этажа?	Выходы из помещений, указанные в ст. 89 Технического регламента	74
		Выход на отдельную лестничную клетку или на-	26

№ вопр.	Вопрос	Варианты ответа	Ответы в %
1	2	3	4
		ружу	
		Затрудняюсь ответить	0
3.	Согласно ст. 89 Технического регламента - к эвакуационным выходам с первого этажа относятся выходы - <i>«1) из помещений первого этажа наружу: а) непосредственно; б) через коридор; ...»</i> – принимаете ли Вы выход из помещения в коридор (на первом этаже) за эвакуационный?	Да, выход в коридор, вестибюль из помещения на первом этаже является эвакуационным	70
		Нет, эвакуационным является только выход наружу	24
		Затрудняюсь ответить	6
4.	Согласно ст. 89 Технического регламента к эвакуационным относятся выходы из помещений любого этажа, кроме первого: <i>г) на эксплуатируемую кровлю или на специально оборудованный участок кровли, ведущий на лестницу 3-го типа;</i> - будет ли относиться к эвакуационным, выход на эксплуатируемую кровлю, ведущий в лестничную клетку?	Да	44
		Нет	48
		Затрудняюсь ответить	8
5.	Согласно ст. 89 Технического регламента - к эвакуационным выходам с первого этажа относятся выходы: <i>1) из помещений первого этажа наружу: ... б) через коридор; ...»</i> к эвакуационным выходам с любого этажа, кроме первого относятся выходы - <i>2) из помещений любого этажа, кроме первого: ... б) в коридор, ведущий непосредственно на лестничную клетку или на лестницу 3-го типа...»</i> - учитываете ли Вы отличие требований к эвакуационным выходам из помещений первого этажа и помещений других этажей?	Да, учитываю, понятия принципиально различаются	74
		Нет, не учитываю, понятия не отличаются	10
		Нет, не учитываю, это неточности формулировок в законе и практически не принципиальны.	16
6.	Согласно ст. 89 Технического регламента <i>«Эвакуационными выходами считаются также:»</i>	Начало подъема по лестнице 2-го типа	20
		Окончание подъема по	50

**ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ
СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ,
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ
И СЕРТИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ**

№ вопр.	Вопрос	Варианты ответа	Ответы в %
1	2	3	4
	3) выходы из фойе, гардеробных, курительных и санитарных помещений, размещенных в подвальных или цокольных этажах зданий классов Ф2, Ф3 и Ф4, в вестибюль первого этажа по отдельным лестницам 2-го типа;» - где и что принимаете Вы за «эвакуационный выход»?	лестнице 2-го типа Затрудняюсь ответить (это неточности формулировки требований Технического регламента)	30
7.	Согласно п. 10 ст. 89 Технического регламента «Число эвакуационных выходов из помещения должно устанавливаться в зависимости от предельно допустимого расстояния от наиболее удаленной точки (рабочего места) до ближайшего эвакуационного выхода» - учитываете ли Вы при определении числа эвакуационных выходов для помещений количество эвакуирующихся из помещения?	Да, учитываю Нет, принимаю в соответствии с п. 10, с учетом только расстояния Учитываю, так как требование п. 10 ошибочное	70 18 12
8.	Согласно п. 11 ст. 89 Технического регламента «Число эвакуационных выходов из здания и сооружения должно быть не менее числа эвакуационных выходов с любого этажа здания и сооружения» - - какие выходы Вы учитываете как «выходы из здания»?	Все выходы, ведущие из здания наружу (выходы из коридоров, вестибюлей, из помещений первого этажа, выходы на лестницу 3-го типа (с любого этажа)) Выходы первого этажа только из коридоров и вестибюлей Затрудняюсь ответить	88 4 8
9.	Согласно п. 7 ст. 89 Технического регламента «В проемах эвакуационных выходов запрещается устанавливать раздвижные и подъемно-опускные двери, вращающиеся двери, турникеты и другие предметы, препятствующие свободному проходу людей» - - возможно ли устройство турникетов перед проемами эвакуационных выходов?	Да, не в проемах выходов допускается Нет, не допускается устройство турникетов Допускается, если турникеты перед проемами и имеют фиксаторы для фиксации в открытом положении	0 46 54
10.	Согласно п. 5 ст. 89 Технического регламента «Эвакуационными выходами	Специальные для эвакуации людей двери	34

№ вопр.	Вопрос	Варианты ответа	Ответы в %
1	2	3	4
	<i>считаются также: 5) распашные двери в воротах, предназначенных для въезда (выезда) железнодорожного и автомобильного транспорта» -</i> - что Вы принимаете за эвакуационные выходы?	(калитки) в воротах	
		Распашные двери (без специальных калиток), т.е. ворота с распашными полотнищами	58
		Затрудняюсь ответить	8

Как следует из проведенного опроса ни по одному из вопросов (требований Регламента) нет однозначных понятий.

Наибольшие разногласия выявлены по ст. 89 Регламента по эвакуационным выходам из фойе, гардеробных, курительных и санитарных помещений, размещенных в подвальных или цокольных этажах зданий классов Ф2, Ф3 и Ф4. 20 % из опрошенных считают, что эвакуационным выходом следует принимать начало подъема по лестнице 2-го типа, 50 % опрошенных считают эвакуационный выход - окончание подъема по лестнице 2-го типа и 30 % затрудняются в определении эвакуационного выхода.

Как следует из приведенной таблице и по другим требованиям значительные расхождения в понимании.

На примере требований Технического регламента [2] по обеспечению пожарной безопасности людей на объектах защиты в настоящей статье рассмотрены некоторые требования в понимании которых при опросе выявлены значительные расхождения и которые должны быть устранены путем внесения соответствующих изменений в Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Для выработки предложений по изменению технического регламента целесообразно провести научно-практическую конференцию с привлечением учёных, специалистов проектных организаций, надзорных органов, специалистов региональных управлений ГН МЧС России с целью обсуждения проблем и достоинств данного закона и разработать проект его изменений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О техническом регулировании. Закон Российской Федерации от 27 декабря 2002 года № 184-ФЗ.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Закон Российской Федерации от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ.
3. Дешевых Ю.И. Правовое регулирование надзорной деятельности по обеспечению пожарной безопасности в организациях и учреждениях с массовым пребыванием: проблемы, уроки и выводы / Ю.И. Дешевых // Пожарная безопасность в строительстве. – 2010. - № 5. – С. 20–21.

4. *Красавин А.В.* Антикоррупционная экспертиза Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» / А.В. Красавин // Пожаровзрывобезопасность. – 2009. – Т. 18, № 9. – С. 10–21.
5. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»: на что следует обратить внимание // Пожаровзрывобезопасность. 2009. Т. 18, № 9. С. 7–9.
6. *Красавин А.В.* Предложения по внесению изменений в «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» по результатам правоприменительной практики / А.В. Красавин // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – Т. 18, № 1. – С. 2–6.
7. *Федорец А.Г.* Основные направления совершенствования системы обеспечения пожарной безопасности на основе методологии управления пожарными рисками / А.Г. Федорец // Пожаровзрывобезопасность. – 2009. – Т. 18, № 9. – С. 22–30.
8. *Кожушко Т.Г.* Предложения по совершенствованию «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» / Т.Г. Кожушко // Пожаровзрывобезопасность. – 2009. – Т. 18, № 9. – С. 31–34.
9. *Тагиев Р.М.* Рациональная регламентация требований пожарной безопасности для производственных объектов единой системы газоснабжения в Российской Федерации / Р.М. Тагиев // Пожарная безопасность в строительстве. – 2010. – № 6. – С. 16–21.
10. *Федорец А.Г.* Практические вопросы применения и совершенствования методики оценки пожарных рисков / А.Г. Федорец // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – Т. 18, № 8. – С. 64–71.
11. *Коробко В.Б.* Пожарная безопасность зданий и сооружений в контексте действий двух федеральных законов: «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» и «Технического регламента о безопасности зданий и сооружений» / В.Б. Коробко, Ю.М. Глуховенко // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – Т. 18, № 4. – С. 43–57.
12. *Седов Д.В.* Уточнение условий обеспечения пожарной безопасности объектов защиты / Д.В. Седов // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – Т. 18, № 6. – С. 39–40.
13. *Красавин А.В.* Нормы пожарной безопасности. Системная проблема / А.В. Красавин // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – Т. 18, № 4. – С. 8–11.
14. *Зернов С.И.* Правовые и организационные проблемы реализации Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» / С.И. Зернов // Пожарная безопасность в строительстве. – 2010. № 12. – С. 8–11.
15. *Жуков В.В.* Новый смысл пожарной безопасности « / В.В. Жуков // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20, № 12. – С. 4–10.
16. *Брушлинский Н.Н.* О статистике пожаров и о пожарных рисках « / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20, № 4. – С. 40–47.
17. *Жилин О.И.* Правовые аспекты обеспечения пожарной безопасности в организации / О.И. Жилин // Пожарная безопасность в строительстве. – 2011. – № 2. – С. 12–15.

18. *Климушин Н.Г.* Актуализация или модернизация противопожарных норм? / Н.Г. Климушин // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – Т. 21, № 3. – С. 21–24.

19. *Мешалкин Е.А.* В ожидании внесения изменений в «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» / Е.А. Мешалкин // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – Т. 21, № 1. – С. 5–12.

20. *Тимошин В.С.* Пожарная безопасность – не полигон для экспериментов! / В.С. Тимошин // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – Т. 24, № 3. – С. 69–74.

21. *Тимошин В.С.* Пожарная безопасность в плену проблем / В.С. Тимошин // Пожаровзрывобезопасность. – 2013. – Т. 22, № 11. – С. 75–79.

22. *Воронов С.П.* О практике осуществления надзорной деятельности в новых правовых условиях / С.П. Воронов // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – Т. 21, № 1. – С. 13–18.

23. *Мешалкин Е.А.* О применении методик расчетов по оценке пожарных рисков / Е.А. Мешалкин, В.А. Бурбах, Н.Н. Вантыкшев // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – Т. 24, № 2. – С. 23–29.

24. *Брушлинский Н.Н.* Об усовершенствовании «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – Т. 21, № 3. – С. 9–16.

25. *Стахеев М.В.* Оценка чувствительности утвержденных методик расчета пожарных рисков к неопределенности (погрешности) расчетных характеристик / М.В. Стахеев, Г.А. Черкасский, М.З. Максимова, Е.В. Кононенко, Е.П. Воробьева // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20, № 1. – С. 9–14.

26. *Бакиров И.К.* Проблемы применения нормативных документов по пожарной безопасности. / И.К. Бакиров, Ф.Ш. Хафизов, Р.М. Султанов // Пожаровзрывобезопасность. – 2014. – Т. 23, № 1. – С. 7–11.

27. СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.

УДК 004.9:614.841.315

Д. С. Салионов, А. А. Рыженко
ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВЕДОМСТВЕННЫХ ОРГАНОВ НА СТАДИЯХ РАССЛЕДОВАНИЯ И ЭКСПЕРТИЗЫ ПОЖАРОВ

Описывается взаимодействие ведомственных органов, а также применение нормативной документации на этапах расследования пожаров.

Ключевые слова: расследование, экспертиза, межведомственное взаимодействие.

D. S. Salionov, A. A. Ryzhenko

THE COOPERATION OF THE DEPARTMENTAL AUTHORITIES ON THE STAGES INVESTIGATION AND EXAMINATION OF FIRES

Describes the interaction of the departmental authorities as well as the application of normative documents on the investigation of fires.

Keywords: investigation, assessment, interagency cooperation.

Расследование и экспертиза пожаров в значительной степени определяются временем принятия решений, а также качеством и достоверностью обрабатываемых данных. В соответствии с действующим законодательством Российской Федерации государственный пожарный надзор наделен в полной мере функцией дознания (п. 4 ч. 1 ст. 40 УПК РФ), что позволяет дознавателям проводить расследование по делам о пожарах и о нарушении требований пожарной безопасности, а также вести статистический учет [2].

В текущих исследованиях рассматриваются нормативно-правовое регулирование в области расследования пожаров, взаимодействие между ведомствами и со сторонними организациями. Необходимо учесть, что подразделение дознания может состоять из звеньев: начальник, заместитель начальника, старший дознаватель и дознаватель. Также полномочиями дознания может наделяться инспекторский состав, который зачастую не обходится без участия эксперта пожарной лаборатории.

Условно работу дознавателя можно разделить на четыре направления:

1) проведение расследования по факту пожара, с последующим принятием процессуального решения:

- о возбуждении уголовного дела;
- об отказе в возбуждении уголовного дела;
- о передаче материалов дела по подследственности;

2) ведение рабочей и служебной документации (журналов, исполнение административных наказаний);

3) статистическое направление (контроль или самостоятельное заполнение журналов регистраций);

4) обеспечение взаимодействия с сотрудниками других ведомств и коммерческих организаций в рамках проведения дознания, по учету пострадавших и погибших на пожарах и возмещению материального ущерба.

При осуществлении уголовно-процессуальной деятельности по делам о пожарах дознаватель обязан руководствоваться как основными нормативными документами: Конституция РФ, УК РФ, УПК РФ, так и специальными:

1. Закон о Пожарной безопасности ФЗ-69 от 21. 12. 94. (с изменениями).

2. Постановление Правительства РФ от 12.04.2012 г. № 290 «О федеральном государственном пожарном надзоре». Ранее Положение «О государственном пожарном надзоре», утвержденном Постановлением Правительства РФ от 21.12.2004 г. № 820.

3. Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями и дополнениями).

4. Приказы и указания (Приказ МЧС РФ от 02.05.06 г. № 270 «Утв. Инструкция о порядке приема, регистрации и проверки происшествий...»; Приказ МЧС РФ от 21.11.2008 г. № 714 «Об утверждении порядка учета пожаров и их последствий»; Приказ МЧС РФ от 10.12.2008 г. № 760 «О формировании электронных баз данных учета пожаров (загораний) и их последствий» и др.) [1, 3, 4].

Взаимодействие между МЧС России, в частности органами дознания с другими ведомствами достигается за счет составления совместных приказов как на муниципальном, региональном, так и на федеральном уровне. Взаимодействие со сторонними организациями происходит в соответствии с законодательными актами, позволяющими запрашивать необходимую информацию с учетом соблюдения сроков по предоставлению. Следовательно, данные мероприятия по обмену информации можно систематизировать (схемы рис. 1 и рис. 2).

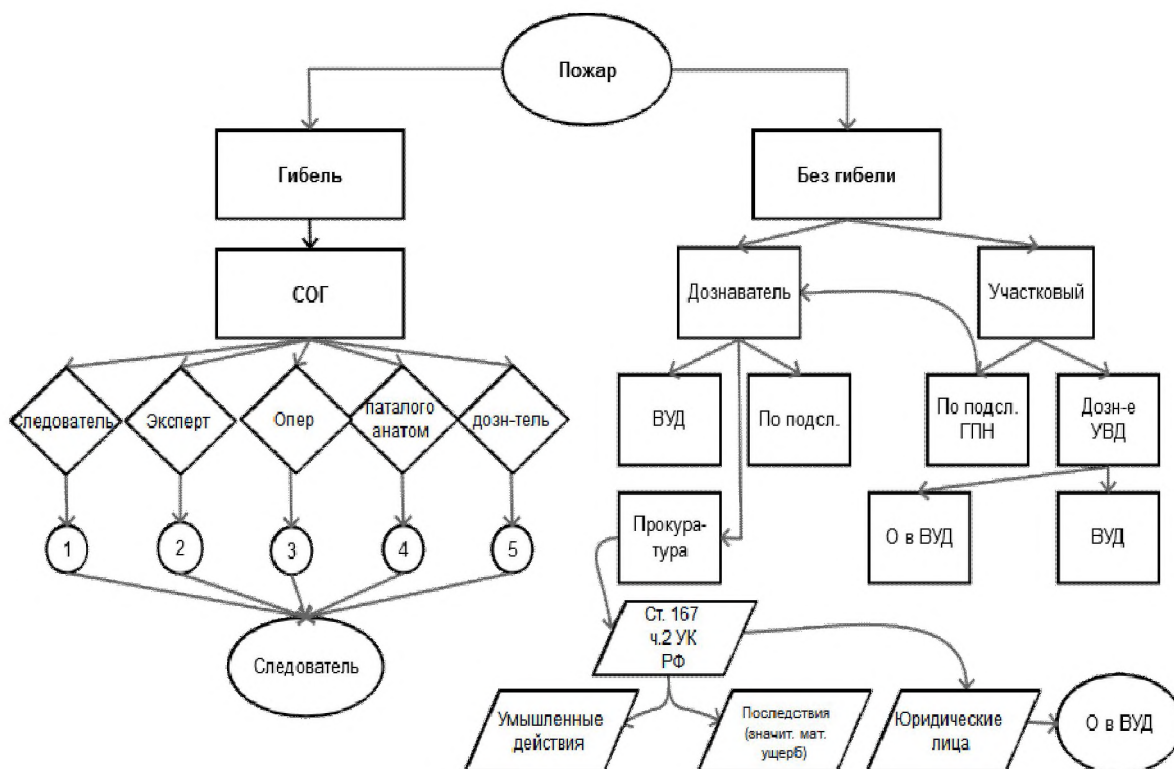


Рис. 1. Межведомственное взаимодействие

**ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ
СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ,
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ
И СЕРТИФИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ**

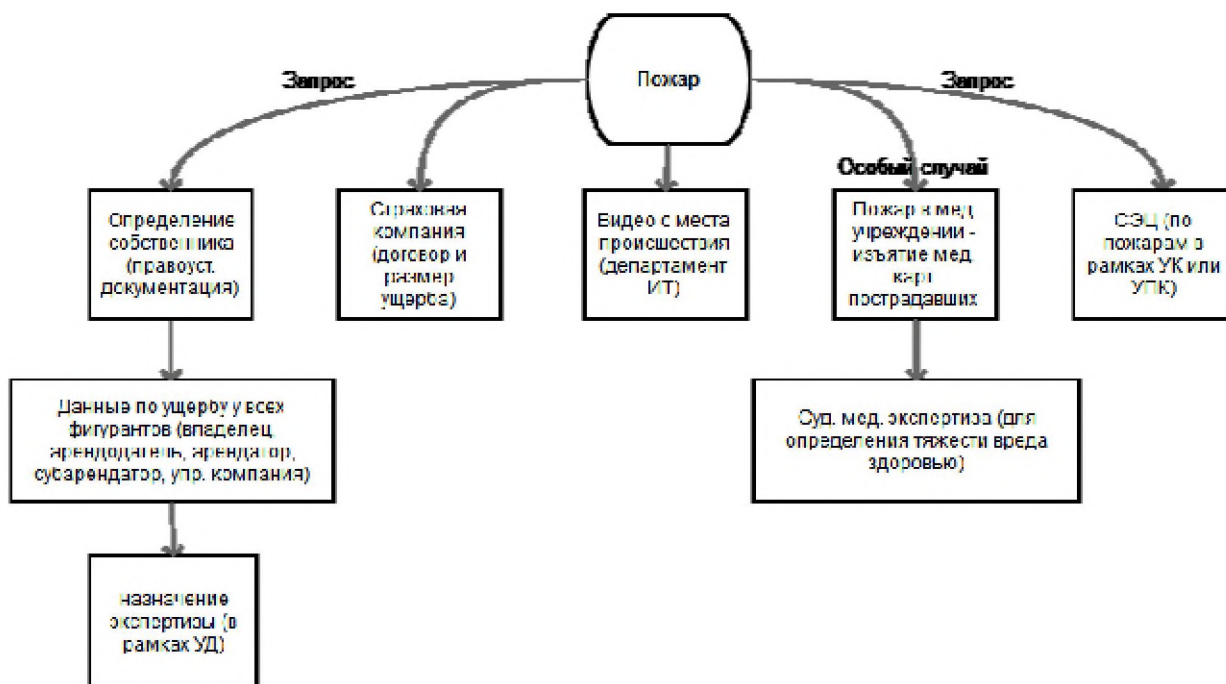


Рис. 2. Взаимодействие со сторонними организациями

Представленные выше схемы отображают структуру возможного обмена информацией в процессе расследования пожара. Эта структура является основой в создании программного обеспечения с возможностью дистанционной информационной поддержки управления.

В настоящее время деятельность по взаимодействию не отработана до автоматизма. Проведение проверочных действий требует огромного количества временных затрат, что пагубно влияет на результат расследования. Нет программного обеспечения, позволяющего проводить обмен или получение необходимой информации. В работе представлена информационная система, которая сможет систематизировать процесс расследования пожара и рационализировать проведение работ в заданной области [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 г.) с изменениями и дополнениями.
2. Уголовно-процессуальный кодекс РФ с изменениями и дополнениями.
3. Уголовный кодекс РФ с изменениями и дополнениями.

4. Приказ МЧС РФ № 587 от 15.12.2002 г. «О мероприятиях по организации и осуществлению дознания по делам о пожарах» изменениями по Приказу № 700 от 18.11.2008 г.

5. Салионов Д.С., Рыженко А.А. Автоматизация, как путь решения проблем, возникающий в ходе расследования пожаров // Материалы 10-й Международной научно-практической конференции молодых ученых курсантов, слушателей магистратуры и адъюнктов «Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы». - М: Командно-инженерный институт республики Беларусь, 2016. – С. 127-128.

УДК 658.562

Е. С. Титова, А. К. Кокурин, П. В. Данилов, А. А. Колесова

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ПРИ АВАРИЯХ И КАТАСТРОФАХ НА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

В данной статье приводится обзор анализа опасностей и оценка риска аварий на потенциально опасных объектах, а также возможность применение риск-ориентированного подхода к оценке безопасности при авариях на опасных объектах.

Ключевые слова: потенциально опасный объект, риск-ориентированный подход, безопасность, промышленная безопасность, государственный надзор.

E. S. Titova, A. K. Kokurin, P. V. Danilov, A. A. Kolesova

THE ISSUE OF APPLICATION A RISK-FOCUSED APPROACH FOR ACCIDENTS AND CRASHES ON POTENTIALLY DANGEROUS OBJECT

This article provides the review of the analysis of dangers and assessment of risk of accidents on potentialle dangerous objects and also a possibility of application a risk – focused approach to safety assessment at accidents on dangerous objects.

Keywords: potentially dangerous object, risk-focused approach, safety, industrial safety, state supervision.

Важной составной частью деятельности по поддержанию устойчивого функционирования объектов экономики (в части опасных производственных объектов) являются меры по обеспечению промышленной безопасности.

Категория «безопасность» носит относительный характер. В законе РФ «О безопасности» данное понятие формулируется как состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и

внешних угроз. Применительно к безопасному функционированию того или иного объекта понятие безопасности следует рассматривать в двух аспектах. Во-первых, как способность данной системы сохранять определенное устойчивое состояние. Во-вторых, как состояние, при котором обеспечивается защищенность объектов безопасности, т.е населения, среды его обитания, территорий и обеспечивающих структур.

Для первого аспекта, характерного для взрыво-, пожаро-, химически и радиационно-опасных объектов понятие «безопасность» может быть сформулирована следующим образом:

«Безопасность – это свойство объекта сохранять при функционировании в определенных условиях такое состояние, при котором вероятность возникновения аварий и катастроф не превышает допустимых значений, а возможный ущерб от такого рода событий является минимальным» [2].

В то же время, промышленной безопасностью опасных производственных объектов называют «состояние защищённости жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий» [1].

В Федеральном Законе «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116-ФЗ [1] определены основные требования промышленной безопасности и ее регламентация. Закон определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен, прежде всего, на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, к локализации и ликвидации последствий указанных аварий. Положения данного Федерального закона распространяются на все организации независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, осуществляющие деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов на территории РФ.

Анализ опасностей и оценка риска аварий на опасных производственных объектах – специальный научно-технический метод исследования опасностей возникновения, развития и последствий возможных аварий на опасных производственных объектах. Анализ риска аварии включает взаимосвязанную совокупность процессов идентификации опасностей аварии, оценки риска аварии, определения степени опасности аварий, а также разработки обоснованных рекомендаций по снижению риска аварии и/или мероприятий, компенсирующих отступления от требований федеральных норм и правил в области промышленной безопасности при обосновании безопасности опасного объекта.

Типичными представителями пожароопасных объектов являются деревообрабатывающие предприятия, склады и базы горючих материалов и им подобные объекты. Взрывоопасными объектами являются предприятия по производ-

ству, хранению и транспортировке взрывчатых веществ, угольной и древесной пыли, мукомольные, нефтеперерабатывающие и другие предприятия такого рода. Аварии на таких потенциально опасных объектах представляют собой чаще всего пожары и взрывы и сопровождаются повреждением и уничтожением материальных ценностей, травмированием и гибелью людей.

Анализ риска для населения и территорий основан на использовании различных концепций, методов и методик. До настоящего времени использовались следующие концепции анализа риска:

- техническая (технократическая) концепция, основанная на анализе относительных частот возникновения негативных событий как способе задания их вероятностей. При ее использовании имеющиеся статистические данные усредняются по масштабу, группам населения и времени;

- экономическая концепция, в рамках которой анализ риска рассматривается как часть более общего затратно-прибыльного исследования, в котором риски – ожидаемые потери полезности, возникающие вследствие некоторых событий или действий. Конечная цель состоит в распределении ресурсов таким образом, чтобы максимизировать их полезность для общества;

- психологическая концепция концентрируется вокруг исследований межиндивидуальных предпочтений относительно вероятностей с целью объяснить, почему индивидуумы не вырабатывают свое мнение о риске на основе средних значений; почему люди реагируют согласно их восприятия риска, а не объективному уровню рисков или научной оценке риска.

Таким образом, управление риском – основанная на оценке риска целенаправленная деятельность по реализации наилучшего из возможных способов уменьшения риска, который общество считает приемлемым при существующих ограничениях на ресурсы и время.

На практике используются следующие элементы управления риском, которые могут применяться как независимо, так и совместно:

- исключение риска – создание условий, при которых практически исключаются источники риска, вероятности реализации негативного события и его последствия становятся бесконечно малыми величинами;

- ограничение риска – добровольно или вынуждено принятие части риска негативных событий;

- снижение риска – снижение вероятности (частоты) кризисных ситуаций и масштабов их последствий за счет применения различных методов, технологий и средств;

- перераспределение риска – распределения величины риска. В основном связано с ликвидацией последствий кризисных ситуаций между несколькими заинтересованными участниками процесса.

В качестве общих мер, снижающих риск возможных аварий, могут быть названы:

- совершенствование технологических процессов, повышение надежности технологического оборудования и эксплуатационной надежности;

- своевременное обновление основных фондов, применение качественной конструкторской и технологической документации, высококачественного сырья, материалов, комплектующих изделий;

- использование высококвалифицированного персонала;

- создание и использование эффективных систем технологического контроля и технической диагностики, безаварийной остановки производства, локализации подавления аварийных ситуаций и многое другое.

К основным методам управления риска относятся:

- административно-правовые – совокупность законодательных, нормативных правовых и организовано-управленческих механизмов, направленных на снижение риска;

- инженерно-технические – инженерно-технические средства предупреждения и ликвидации последствий кризисных ситуаций;

- финансово-экономические – совокупность финансовых и экономических механизмов, направленных на снижение риска и возмещение ущерба от последствий кризисных ситуаций.

Для принятия эффективных управленческих решений в сфере безопасности жизнедеятельности необходима количественная информация о величине риска и его зависимости от различных факторов. Для получения этой информации разрабатывается специальный инструментарий: методы, модели, методики, алгоритмы и т.д.

В этой связи необходимо обратиться к эпохальному в своём роде нормативно-правовому акту, который, в рамках проводимой административной реформы, определил кардинальные изменения в деятельности контрольно-надзорных органов, в том числе в области обеспечения безопасности – Постановлению Правительства РФ от 17 августа 2016 № 806 «О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».

Согласно Постановлению Правительства РФ от 22.07.2017 № 864 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам применения риск-ориентированного подхода при осуществлении отдельных видов государственного надзора и лицензионного контроля» установлен порядок осуществления МЧС России проверок с применением риск-ориентированного подхода.

Риск-ориентированный подход будет применяться МЧС России при проведении плановых проверок в рамках государственного надзора в области гражданской обороны и в рамках государственного надзора в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

По данным электронного портала «Открытое Правительство» [6] риск-ориентированная модель проверок уже используется в большинстве развитых стран мира, её применение, по оценкам международных экспертов, позволило сократить общее количество проверок на 30-90%, а отдельные категории бизнеса, в которых потенциальные риски для безопасности государства и общества минимальны, и вовсе перестали подвергаться плановым проверкам.

Устанавливается, что при проведении плановых проверок всех юридических лиц и индивидуальных предпринимателей в рамках указанных видов надзора должностные лица обязаны использовать проверочные листы (списки контрольных вопросов), которые содержат перечни вопросов, затрагиваемых предъявляемые к юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям обязательные требования, соблюдение которых является наиболее значимым с точки зрения недопущения возникновения угрозы причинения вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям, окружающей среде, объектам культурного наследия (памятникам истории и культуры), безопасности государства, а также угрозы чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Предмет плановой проверки ограничивается перечнем вопросов, включенных в проверочные листы (списки контрольных вопросов).

В целях реализации риск-ориентированного подхода Постановлением [4] утверждаются критерии отнесения деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей к определенной категории риска с учетом оценки вероятности несоблюдения лицом установленных требований и тяжести потенциальных негативных последствий возможного несоблюдения юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями обязательных требований.

Проведение плановых проверок в отношении юридических лиц и индивидуальных предпринимателей в зависимости от присвоенной категории риска осуществляется со следующей периодичностью:

- для категории высокого риска – один раз в 2 года;
- для категории значительного риска – один раз в 3 года.

В отношении юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, деятельность которых отнесена к категории низкого риска, плановые проверки не проводятся.

Таким образом, риск-ориентированный подход целесообразно применять для оптимального использования трудовых, материальных и финансовых ресурсов, задействованных при осуществлении государственного контроля (надзора), снижения издержек юридических лиц, индивидуальных предпринимателей; повышения результативности деятельности органов государственного контроля (надзора) при организации отдельных видов государственного контроля (надзора).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (в актуальной редакции) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

2. Федеральный закон от 28 декабря 2010 г. № 390-ФЗ (в актуальной редакции) «О безопасности».

3. Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 № 794 (в актуальной редакции) «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

4. 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».

5. Постановление Правительства РФ от 22.07.2017 № 864 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам применения риск-ориентированного подхода при осуществлении отдельных видов государственного надзора и лицензионного контроля».

6. <http://open.gov.ru/events/5515398/>

УДК 614.841

Д. В. Ушаков, А. А. Абашкин, А. В. Карпов, С. Г. Панфилов, М. В. Фомин
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ОСНОВНЫЕ ОШИБКИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАСЧЕТОВ ПОЖАРНОГО РИСКА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ОБЩЕСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В данной статье рассказывается о наиболее часто встречающихся ошибках допускаемых при проведении расчетов пожарного риска для объектов общественного назначения.

Ключевые слова: пожарный риск, опасные факторы пожара, эвакуация.

D. V. Ushakov, A. A. Abashkin, A. V. Karpov, S. G. Panfilov, M. V. Fomin

THE MAIN MISTAKES DURING THE CALCULATIONS OF FIRE RISK FOR PUBLIC OBJECTS

This paper presents the list of the most frequently occurring mistakes which are being made during the calculations of fire risk for public objects.

Keywords: fire risk, hazardous factors of fire, evacuation.

В настоящее время пожарный риск является одним из ключевых понятий в области обеспечения пожарной безопасности объектов различного назначения, в том числе и объектов общественного назначения.

Согласно положениям Федерального закона от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (Далее – Федеральный закон) [1] порядок проведения расчетов по оценке пожарного риска определяется нормативными правовыми актами Российской Федерации. В настоящее время порядок проведения расчетов по оценке пожарного риска на объектах общественного назначения определяется постановлением Правительства Российской Федерации от 31 марта 2009 г. № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска» [2], которым утверждены «Правила проведения расчетов по оценке пожарного риска». Согласно пункту 5 указанных Правил определение расчетных величин пожарного риска проводится по методикам, утверждаемым МЧС России.

В соответствии с указанным постановлением Правительства Российской Федерации в 2009 г. была разработана и утверждена «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» (утв. приказом МЧС России от 30 июня 2009 г. №382, зарегистрировано в Минюсте от 6 августа 2009 г. №14886) (далее - Методика) [3]. Кроме того, в данную Методику уже дважды были внесены изменения, приказами МЧС России №749 от 12.12. 2011 г. и № 632 от 02.12.2015.

За последние несколько лет специалистами ФГБУ ВНИИПО МЧС России было рассмотрено большое количество проектной документации объектов общественного назначения. В том числе были рассмотрены и расчеты пожарного риска, в которых встречались как небольшие недочеты и неточности, так и грубые нарушения в части применения положений Методики [3], вследствие чего, уровень пожарной опасности объекта защиты оказывался, как правило, занижен.

В данной статье хотелось бы привести некоторые уточнения положений Методики [3], в части проведения расчетов пожарного риска на объектах общественного назначения, с массовым пребыванием людей, а так же указать на наиболее часто встречающиеся нарушения положений Методики [3], а именно:

- Наиболее часто встречающимся нарушением является не соответствие порядка проведения расчета пожарного риска, а также оформления отчета, постановлению Правительства Российской Федерации от 31 марта 2009 г. № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска», которым утверждены «Правила проведения расчетов по оценке пожарного риска» [2], в которых ясно и четко изложены требования к порядку проведения расчета и оформлению отчета.

- В тексте отчета указываются основания для проведения расчета пожарного риска, которые не допускается обосновывать расчетом пожарного риска. При проведении расчета не стоит забывать про пункт 4 Методики [3], который гласит, что результаты и выводы, полученные при определении пожарного риска, используются для обоснования только тех параметров и характеристик объектов, которые учитываются в настоящей Методике [3].

- При выборе методов математического моделирования пожара не принимают во внимание область применения моделей и, зачастую, помещения сложной геометрической конфигурации, где линейные размеры помещения отличаются более чем в пять раз, используют зонную или интегральную модель.

- Не учитывается присутствие маломобильных групп населения (МГН) в здании, наличие путей эвакуации для МГН, а также устройство зон безопасности. В некоторых случаях производя расчет эвакуации МГН наружу или в зону безопасности, расчетчики не обращают внимание на то, что на путях движения МГН группы мобильности М4, предусматривается устройство ступеней или электроподъемников, которые не могут быть использованы в случае пожара и таким образом МГН группы мобильности М4 не может осуществить эвакуацию из здания либо в зону безопасности.

- При приведении расчета эвакуации и построении расчетной схемы эвакуации используются пути эвакуации, не соответствующие требованиям Федерального закон [1]. Наиболее часто встречаемые нарушения это эвакуация в соседнее помещение и далее в помещение, использование аварийных выходов в качестве эвакуационных, а так же эвакуация из помещения в коридор и далее в помещение.

- Значительная часть расчетчиков, не проводит расчет эвакуации для всего здания целиком, а рассматривает только область, которая рассматривается при проведении расчета ОФП. Напоминаем, что расчет пожарного риска, проводится для здания, сооружения или пожарного отсека, более никаких допущений Методикой не предусмотрено, рассматривая здания частями, расчетчики игнорируют тот факт, что на наиболее нагруженных участках пути время возникновения скоплений, с плотностью людского потока более $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$, может превысить шесть минут. Даже в том случае если рассматриваемый сценарий пожара, охватывает незначительную часть технических или вспомогательных помещений здания, расчет эвакуации должен быть выполнен для всего объекта и время эвакуации людей из здания, должно быть указано для всех людей находящихся на объекте.

- При проведении расчета ОФП не учитывается работа вытяжной противодымной вентиляции или учитывается частично. Так же встречается такое грубое нарушение, как принятие по умолчанию в расчете ОФП того, что наличие вытяжной противодымной вентиляции в коридоре, не дает опускаться слою дыма в течение первых пяти минут (или другого времени) после возникновения пожара. Такие нарушения не допустимы, система вытяжной противодымной вентиляции должна учитываться при проведении расчета ОФП, она должна моделироваться и должны быть учтены её параметры, места установки дымоприемных устройств и т.п.

- Выбор места нахождения первоначального очага пожара проводится без учета наихудших последствий, вдали от эвакуационных выходов, в помещении

с большим объемом, с наименьшим количеством горючей нагрузкой, около менее нагруженного, чем остальные, эвакуационного выхода и т.д. Так же задание расчетной области (выбор рассматриваемой при расчете системы помещений) проводится без учета наихудших последствий. Расчетная область зачастую рассматривается неоправданно завышенной, когда при расчете системы помещений дверные проемы открываются в прилегающие помещения, что приводит к увеличению рассматриваемого объема и, как следствие, увеличению времени блокирования путей эвакуации. Целесообразно рассматривать помещение с очагом пожара (например, холл с гардеробом, вестибюль, зал и т.д.) или систему - помещение с очагом пожара и примыкающий коридор (холл, вестибюль и т.д.), и в обоих случаях дверные проемы в соседние помещения должны быть закрыты.

- При определении расчетного времени эвакуации, как правило, расчетная схема эвакуации составляется до выхода наружу из здания и далее движение людей не рассматривается. Вместе с тем, встречаются ситуации, когда непосредственно после выхода наружу из здания могут образовываться скопления людей, препятствующие выходу других людей наружу из здания и образования «хвоста» (например, узкое крыльцо; слияние на общем крыльце нескольких эвакуационных потоков из разных выходов наружу; заужение крыльца дверьми эвакуационных выходов) и эти ситуации необходимо учитывать при составлении расчетной схемы эвакуации, а в некоторых случаях необходимо рассмотреть сценарии пожара таким образом, чтобы максимально возможно нагрузить данный эвакуационный выход наружу из здания.

- Довольно часто, а чем более крупнее объект, тем более чаще, встречается не соответствие объемно-планировочных решений рассматриваемых расчетных сценариев и архитектурных решений объекта.

- При проведении расчета ОФП рассматривают предельно допустимое значение только по потере видимости, без учета предельно допустимые значения по температуре, тепловому потоку, по пониженному содержанию кислорода, а уж тем более по каждому из токсичных газообразных продуктов горения. Конечно, предельные значения по потери видимости чаще всего наступают первыми, но это не означает, что нет необходимости рассматривать другие показатели, всегда найдется исключение из правил.

- Наиболее часто встречаемое нарушение при выборе значения времени начала эвакуации связано с завышением типа системы оповещения и управления эвакуацией людей из здания при пожаре (СОУЭ) с целью увеличения вероятности эвакуации P_{Σ} .

- Зачастую при определении расчетного времени эвакуации, эвакуация людей предусматривается только до входа в объем незадымляемых лестничных клеток, что не верно, поскольку расчет эвакуации людей необходимо проводить до момента выхода всех людей наружу из здания, так как в объеме незадымляемых лестничных клеток возможно возникновение скоплений, с плотностью людского потока более $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$, и продолжительностью более шесть минут.

- При проведении расчета ОФП не учитывается возможность блокирования обычных лестничных клеток (типа Л1 или Л2) ОФП, а так же возможность распространения ОФП через такие лестничные клетки на другие этажи здания. Это не означает, что в каждом сценарии необходимо рассматривать объем лестничных клеток, при проведении расчета пожарного риска необходимо выбрать сценарии являющимися наиболее опасными при условии распространения ОФП в объем лестничных клеток и/или на соседние этажи, и отдельно рассматривать сценарии на этажах здания без учета объема лестничных клеток, с целью получения более точной и правдивой картины.

Все перечисленные нарушения существенно влияют на расчет пожарного риска, который в свою очередь занижает уровень пожарной опасности рассматриваемого объекта и тем самым не отображает реальную картину на объекте, не дав понять как расчетчикам, так и проектировщикам на какие места на объекте стоит обратить особое внимание, будь то пути эвакуации или тип системы управления и оповещения людей при пожаре. Большинство расчетчиков, которые проводят расчеты пожарного риска, ограничиваются знанием применения программных продуктов, используемых при проведении расчета, но, к сожалению, природа появления данных нарушений кроется гораздо глубже, ведь для проведения расчета пожарного риска, необходимо глубоко знать и уметь применять на практике требования Федерального закона, Методики, а также нормативных документов по пожарной безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 31 марта 2009 г. № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска».
3. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности (Приказ МЧС России №382 от 30 июня 2009 г.) с учетом изменений внесенных Приказом МЧС России №749 от 12.12. 2011 г. и Приказом МЧС России №632 от 02.12.2015 года.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
ПОСВЯЩЕННОЙ ГОДУ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ**

ИВАНОВО, 20–21 СЕНТЯБРЯ 2017 г.

В авторской редакции

Текстовое электронное издание

Подготовлено к изданию 03.11.2017 г.
Формат 60×84 1/16. Усл. печ. л. 24,8. Уч.-изд. л. 23,0. Заказ № 140
Отделение организации научных исследований
экспертно-консалтингового отдела
Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России
153040, г. Иваново, пр. Строителей, 33