

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ 10'2011

К 85-летию отечественной противопожарной автоматики и охраны объектов

Расчет параметров насосно-рукавных систем

Склонность горючих материалов к самовозгоранию.
Эколого-криминалистический аспект



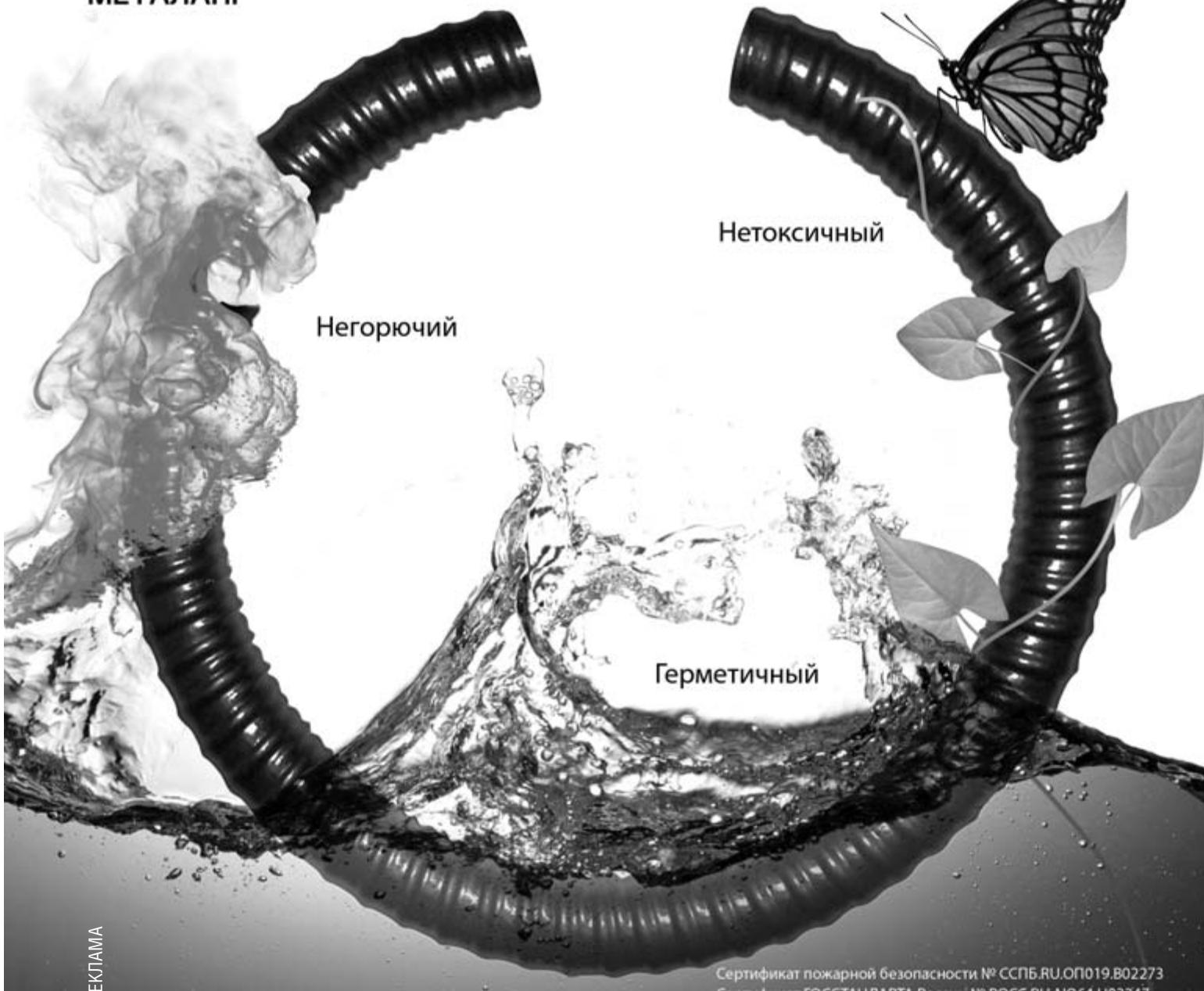
О пожарной безопасности материалов, используемых для изготовления внешнего контура самолетов

Антипирены для пористых материалов

Механизм образования огнезащитных вспучивающихся покрытий



Металлополимерный рукав МЕТАЛАНГ НГ-LS HF



РЕКЛАМА

Металлорукав МЕТАЛАНГ НГ-LS HF с защитной полимерной оболочкой

- не распространяющий горение
- малодымный
- нетоксичный
- герметичный
- гибкий
- увеличенная прочность на разрыв
- диапазон температур – от -50 до +70 °C
- степень защиты IP 65
- сертифицирован

Сфера применения:

- на объектах с повышенной пожароопасностью: тоннели, мосты, метро, жилые здания, склады, заводы, суда, объекты нефтегазового и энергетического комплексов и другие
- прокладка проводов во влажных помещениях
- защита кабеля при скрытой и открытой прокладке
- в системах кондиционирования и обогрева
- в подъёмно-транспортном оборудовании
- для транспортировки порошкообразных и сыпучих веществ

ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПОЖНАУКА»

ПРЕДЛАГАЕТ ВАШЕМУ ВНИМАНИЮ

Технические средства систем охранной и пожарной сигнализации

А.Н. ЧЛЕНОВ, Т.А. БУЦЫНСКАЯ, И.Г. ДРОВНИКОВА. — Ч. 1. — 316 с.
В.П. БАБУРОВ, В.В. БАБУРИН, В.И. ФОМИН. — Ч. 2. — 300 с.

В учебно-справочном пособии рассмотрены общие вопросы построения систем охранной сигнализации, приведены сведения об основных видах технических средств, составляющих систему: извещателях, приемно-контрольных приборах, системах передачи извещений, оповещателях и блоках питания. Рассмотрены современное состояние рынка средств охранной сигнализации и тенденции его развития.

Большое внимание уделено вопросам проектирования систем охранной сигнализации, требованиям по их монтажу и технической эксплуатации. Рассмотрены особенности применения средств сигнализации в пожаро- и взрывоопасных зонах.

Книга предназначена для практических работников в области систем безопасности и может быть использована как учебное пособие для подготовки и повышения квалификации специалистов соответствующего профиля.

WEB-САЙТ:
www.firepress.ru

ЭЛ. ПОЧТА:
mail@firepress.ru;
izdat_pozhnauka@mail.ru

Телефон:
(495) 228-09-03,
тел./факс:
(495) 445-42-34



ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ

Том 20 • № 10 • 2011 FIRE & EXPLOSION SAFETY

Научно-технический журнал
ООО "Издательство "Пожнаука"

The Journal of the Russian Association
for Fire Safety Science ("Pozhnauka")

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ

- Кузнецов Г. В., Захаревич А. В., Максимов В. И., Пашин А. А.** Экспериментальное исследование процессов зажигания пленок жидкого топлива одиночной, нагретой до высоких температур керамической частицей

4

ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

- Загоруйко Т. В.** Структурные изменения композиционных материалов в условиях термических воздействий
- Лебедев А. Ю., Собкалов А. В., Ивахнюк Г. К.** Склонность горючих материалов к самовозгоранию. Эколого-криминалистический аспект
- Барботько С. Л., Шуркова Е. Н.** О пожарной безопасности материалов, используемых для изготовления внешнего контура самолетов

8

11

19

ОГНЕЗАЩИТА

- Анцупов Е. В., Родивилов С. М.** Антиприены для пористых материалов
- Халтуринский Н. А., Крупкин В. Г.** О механизме образования огнезащитных вспучивающихся покрытий

25

33

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЖАРОВ

- Таранцев А. А.** Об особенностях нахождения парето-оптимальных вариантов в задачах многопараметрического выбора

37

ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

- Любимов М. М.** К 85-летию отечественной противопожарной автоматики и охраны объектов

41

ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА

- Теребнев В. В., Атаманов Т. Н.** Расчет параметров насосно-рукавных систем

48

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ. СПРАВОЧНИК

57

CONTENTS

COMBUSTION PROCESSES

- Kuznetsov G. V., Zakharevich A. V., Maksimov V. I., Pashin A. A.** Experimental Research of Processes of Films Liquid Fuels Ignition by Single Ceramic Particle Heated to High Temperatures

FIRE-AND-EXPLOSION HAZARD OF SUBSTANCES AND MATERIALS

- Zagorуйко Т. В.** The Structural Changes of the Composition Materials in the Thermal Influence Conditions
- Lebedev A. Yu., Sobkalov A. V., Ivahnyuk G. K.** Propensity of Combustible Materials to Spontaneous Combustion. Environmental-Criminalistic Aspect
- Barbotько S. L., Shurkova E. N.** About Fire Safety of the Materials Used for Manufacturing External Contour of Aircrafts

FIRE RETARDANCE

- Antsupov E. V., Rodivilov S. M.** Fire Retardants for Porous Materials
- Khalturinskiy N. A., Krupkin V. G.** On Mechanism of Fire Retardant Intumescence Coating Formation

FIRE MODELING

- Tarantsev A. A.** About Singularities of a Finding of Pareto-Optimal Variants in Solving Multi-Parameter Choices

FIRE AUTOMATIC

- Lyubimov M. M.** To the 85th Anniversary of Domestic Fire-Prevention Automatics and Protection of Objects

FIRE ENGINEERING

- Terebnev V. V., Atamanov T. N.** Calculation of Parameters of Pump Hose Systems

FIRE-AND-EXPLOSION SAFETY. REFERENCE BOOK

Журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК России для публикации трудов соискателей ученых степеней, в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ РАН. Сведения о журнале ежегодно публикуются в Международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям "Ulrich's Periodicals Directory".

Перепечатка материалов только по согласованию с редакцией. Авторы несут ответственность за содержание предоставленных в редакцию материалов и публикацию их в открытой печати



Г. В. Кузнецов
д-р физ.-мат. наук, профессор
Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск, Россия



А. В. Захаревич
канд. физ.-мат. наук, ст. преподаватель Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск, Россия



В. И. Максимов
канд. техн. наук, доцент Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск, Россия



А. А. Пашин
магистрант Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск, Россия

УДК 536.468

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАЖИГАНИЯ ПЛЕНОК ЖИДКИХ ТОПЛИВ ОДИНОЧНОЙ, НАГРЕТОЙ ДО ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР КЕРАМИЧЕСКОЙ ЧАСТИЦЕЙ

Излагаются результаты экспериментального исследования закономерностей зажигания пленок жидкого топлива (керосин и дизельное топливо) одиночной, нагретой до высоких температур керамической частицей. Проведено сравнение времен задержки зажигания исследуемых пожароопасных веществ керамическими и металлическими частицами. Установлено, что время задержки зажигания керамической частицей значительно выше по сравнению с частицами металлов.

Ключевые слова: экспериментальные исследования; жидкое топливо; керамическая частица; время задержки зажигания; температура частицы.

Введение

Одна из основных проблем современности и ближайшего будущего — проблема энергетической безопасности, обусловленная непрерывным ростом потребления электрической и тепловой энергии. В связи с общей изношенностью и выработкой ресурса значительной части технологического оборудования ТЭС, ТЭЦ и котельных, невыполнением в полной мере мероприятий по планово-предупредительному ремонту [1, 2] оборудования из-за недофинансирования, а также в связи с общим снижением уровня технологической дисциплины имеет место рост числа аварий, сопровождаемых возгоранием. Следствием этого может быть, например, разрушение теплоизоляционных “горячих” материалов на котельных установках и образование одиночных, нагретых до высоких температур частиц.

Многие пожары возникают в результате воздействия частиц металлов и неметаллов, нагретых до высоких температур, на способные гореть жидкие вещества. Детальное исследование процессов вза-

имодействия источников нагрева с ограниченным теплосодержанием и горючих жидкостей позволит выявить закономерности, механизмы и условия их воспламенения. Среди таких процессов особо следует отметить неконтролируемые взрыво- и пожароопасные возгорания жидкостей при их взаимодействии, например, с разогретыми до высоких температур частицами, образующимися при сварке или резке металлических конструкций, и неметаллическими частицами, формирующимиися в результате, например, взрыва. Это, в первую очередь, объясняется тем, что во многих отраслях промышленности используются большие объемы легковоспламеняющихся жидкостей, а также достаточное количество различных по своей природе потенциальных источников воспламенения. Изучение пожаровзрывоопасных свойств веществ и материалов, обращающихся в процессе производства, является одной из основных задач пожарной профилактики, направленной на исключение горючей среды из классического “треугольника пожара” [3, 4]. Экспериментальное исследование проблемы зажигания горючих жид-

© Кузнецов Г. В., Захаревич А. В., Максимов В. И., Пашин А. А., 2011

костей локальными источниками энергии представляет собой решение новой научной задачи, результаты которой позволяют разработать физические модели зажигания пленок жидкого топлива, а также выявить механизмы их зажигания.

Ранее были проведены экспериментальные исследования зажигания жидкого топлива "горячими" частицами металлов. Но на практике возможны воздействия на горючие жидкости и частиц неметаллов. Среди них наиболее типичными являются керамические частицы. До настоящего времени результаты экспериментов по исследованию таких процессов не опубликованы.

Целью данной работы является экспериментальное исследование процесса зажигания типичных горючих жидкостей одиночными, нагретыми до высоких температур керамическими частицами.

Методика эксперимента

В качестве объектов исследования рассматривались широко используемые жидкые топлива — керосин марки ТС-1 высшего сорта (по ГОСТ 10227-86 с изм. 1-3, изготовитель ОАО "Сибнефть Омский НПЗ") и летнее автомобильное дизельное топливо ЕН 590, сорт С, вид 1 (по ГОСТ Р 52368-2005).

Состав керосина: керосиновая фракция нефти — 75 %; массовая доля ароматических углеводородов — 22 %; оксиды серы, водорода и азота — 3 %.

Состав дизельного топлива: алифатические (или алифатические) углеводороды — 53–55 %; нафтенные и парафиновые компоненты — 33–35 %; ароматические углеводороды — 5–9 %; оксиды серы, водорода и азота — до 3 % [5].

При планировании эксперимента была принята наиболее типичная схема: частица падает перпендикулярно поверхности жидкости с малой скоростью (1,7 м/с). Из всего многообразия возможных форм частиц предпочтение было отдано цилиндуру малой высоты — диску. Диаметр частицы принимался из условия обеспечения минимального рассеяния параметров, характеризующих условия эксперимента. Принималось также, что частица погружается в горючую жидкость не полностью. Моделировались условия разлива жидкого топлива по твердой поверхности с образованием пленки, толщина которой меньше высоты частицы.

Для проведения исследований применялась экспериментальная установка [6], основными элементами которой являются нагревательная печь и контрольно-измерительный блок. В качестве источника зажигания в экспериментах использовалась керамическая частица на основе корунда (Al_2O_3) в форме диска с фиксированным диаметром $d = 6 \cdot 10^{-3}$ м

и высотой $h = 3 \cdot 10^{-3} \div 5 \cdot 10^{-3}$ м. Высота и диаметр диска выбирались так, чтобы можно было варьировать площадью поверхности контакта частицы с жидкостью. Керамическая частица падала в стеклянный вертикальный сосуд размером $h = 4 \cdot 10^{-2}$ м, $d = 5 \cdot 10^{-2}$ м. Температура частицы T_q существенно превышала начальную температуру топлива (300 К). Для обеспечения достоверности результатов измерений было проведено 5–7 серий опытов при одинаковых условиях.

Результаты экспериментальных исследований

В опытах использовались керамические частицы в форме диска с размерами, соответствующими размерам металлических частиц, эксперименты с которыми проводились ранее [7, 8]. На рис. 1 и 2 представлены экспериментальные зависимости времени задержки зажигания τ_{ind} от начальной температуры частицы T_q при воспламенении керосина и дизельного топлива стальными и керамическими частицами. Кривые построены в результате аппроксимации экспериментальных данных. Аппроксимационные зависимости получены методом наименьших квадратов. Коэффициент вариации экспериментальных данных при постоянной температуре составлял не более 10 %. Левое предельное значение температуры на рисунках соответствует минимальному значению T_q , при котором происходило зажигание. После возникновения возгорания наблюдалось устойчивое горение топлива.

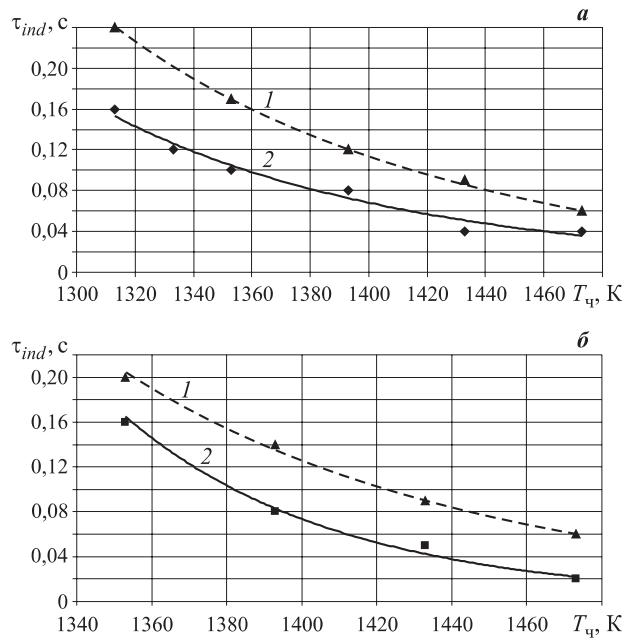


Рис. 1. Экспериментальные зависимости времени задержки зажигания дизельного топлива (a) и керосина (b) от начальной температуры частиц $d = 6 \cdot 10^{-3}$ м, $h = 3 \cdot 10^{-3}$ м:
1 — керамической; 2 — металлической

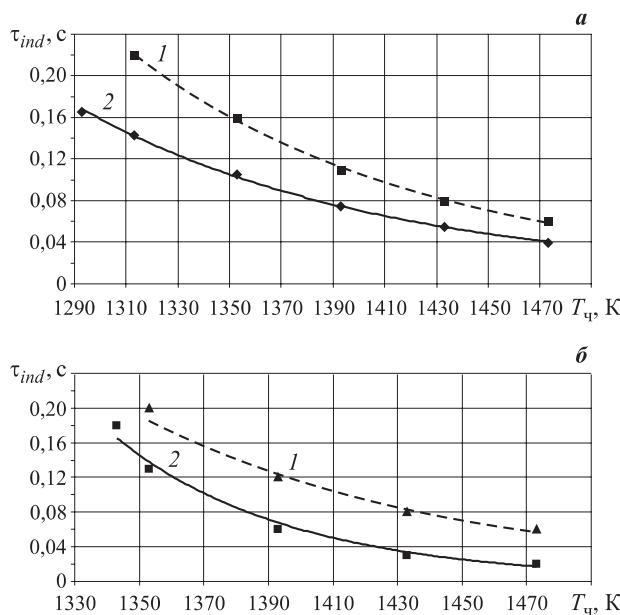


Рис. 2. Экспериментальные зависимости времени задержки зажигания дизельного топлива (а) и керосина (б) от начальной температуры частиц $d = 6 \cdot 10^{-3}$ м, $h = 5 \cdot 10^{-3}$ м:
1 — керамической; 2 — металлической

Результаты проведенных экспериментов (см. рис. 1 и 2) показали, что минимальная температура керамической частицы T_q , при которой происходит зажигание дизельного топлива, на 40 К меньше, чем керосина. Отличие времен задержки зажигания дизельного топлива и керосина составляет не более 15 %. Такое отклонение экспериментальных данных наблюдается при начальной минимальной температуре зажигания исследуемых дистилятных топлив. Наименьшее значение времени задержки зажигания зафиксировано при зажигании дизельного топлива. Установлено, что вероятность воспламенения его выше, чем керосина. Визуальные наблюдения в процессе экспериментов и видеосъемки позволили выделить детали механизма процесса зажигания и

сформулировать физическую модель исследуемого процесса.

При взаимодействии горячей частицы с поверхностью жидкости происходит испарение последней, сопровождающееся интенсивным парообразованием с поглощением теплоты фазового перехода. Между частицей и жидкостью образуется паровой зазор, который снижает интенсивность теплообмена между керамической частицей и топливом. Однако при обтекании горячей частицы продукты испарения горючего нагреваются, и при определенном запасе энергии, аккумулированной в частице, может произойти прогрев паров горючего до температур, при которых начинается процесс горения.

Из рис. 1 и 2 видно, что значение τ_{ind} в экспериментах с керамическими частицами в 1,5 раза выше, чем с металлическими [6, 7]. Этот результат, скорее всего, обусловлен физическими свойствами материалов частиц. Коэффициенты теплопроводности металлов намного выше соответствующих коэффициентов для керамических материалов, поэтому теплота, аккумулированная в металлической частице, более интенсивно передается в топливо по сравнению с керамической при одинаковых температурах частиц. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что нагретые до высоких температур частицы металлов представляют существенно большую опасность, чем частицы неметаллов с меньшей теплопроводностью и объемной теплоемкостью.

Заключение

Экспериментально исследовано зажигание плёнок жидких топлив в стеклянном сосуде диаметром $5 \cdot 10^{-2}$ м одиночными, нагретыми до высоких температур керамическими частицами. Установлено, что время задержки зажигания керамической частицей значительно превышает аналогичные времена для частиц металлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД 153-34.1-39.603-99. Руководство по ремонту арматуры высоких параметров : введ. 01.11.2000 ; утв. 16.12.99 РАО «ЕЭС России». — М. : СПО ОРГРЭС, 2000. — 31 с.
2. Буров В. Д. и др. Тепловые электрические станции. — 2-е изд., перераб и доп. — М. : Изд-во МЭИ, 2007. — 466 с.
3. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник : в 2 ч. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Пожнаука, 2004.
4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 : принят Гос. Думой 04.07.2008 : одобр. Советом Федерации 11.07.2008 // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30; Российская газета. — 2008. — № 163.
5. Химия горения / Пер. с англ.; под ред. У. Гардинера. — М. : Мир, 1988. — 464 с.
6. Захаревич А. В., Кузнецов В. Т., Кузнецов Г. В., Максимов В. И. Зажигание модельных смесевых топливных композиций одиночной, нагретой до высоких температур частицей // Физика горения и взрыва. — 2008. — Т. 44, № 5. — С. 54–57.

7. Кузнецов Г. В., Захаревич А. В., Максимов В. И. Зажигание дизельного топлива одиночной "горячей" металлической частицей // Пожаровзрывобезопасность. — 2008 — Т. 17, № 4. — С. 28–30.
8. Кузнецов Г. В., Захаревич А. В., Максимов В. И. Экспериментальное исследование влияния формы нагретой частицы на характеристики зажигания жидкого топлива // Пожаровзрывобезопасность. — 2010. — Т. 19, № 2. — С. 11–13.

*Материал поступил в редакцию 22 ноября 2010 г.
Электронный адрес авторов: bet@tpu.ru.*

**ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПОЖНАУКА»
ПРЕДЛАГАЕТ ВАШЕМУ ВНИМАНИЮ**

Учебное пособие

В. Н. Черкасов, В. И. Зыков

Обеспечение пожарной безопасности электроустановок



Рецензенты: Федеральное государственное учреждение Всероссийский ордена «Знак почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России, кафедры физики и пожарной безопасности технологических процессов Академии ГПС МЧС России.

В учебном пособии рассмотрены общая схема электроснабжения потребителей, классификация электроустановок и причины пожаров от них, а также вероятностная оценка пожароопасных отказов в электротехнических изделиях и пожарная безопасность комплектующих элементов. Приведены нормативные обоснования и инженерные решения по обеспечению пожарной безопасности электроустановок и защите зданий и сооружений от молний и статического электричества. Учебное пособие предназначено для практических работников в области систем безопасности и может быть использовано для подготовки и повышения квалификации специалистов соответствующего профиля.



Web-сайт: firepress.ru

Эл. почта: mail@firepress.ru, izdat_pozhnauka@mail.ru

Тел.: (495) 228-09-03, тел./факс: (495) 737-65-74



Т. В. Загоруйко

старший преподаватель кафедры прикладной
математики и инженерной графики института
ГПС МЧС России, г. Воронеж, Россия

УДК 624.012.45:699.81

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ТЕРМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Приведены результаты разработки многокомпонентных материалов для повышения огнестойкости большепролетных тонкостенных несущих железобетонных конструкций. Испытания полученных составов показали их высокую термостойкость.

Ключевые слова: предел огнестойкости конструкций; термостойкость бетона; шунгит.

В настоящее время повышение огнестойкости конструкций, а значит, и зданий и сооружений, возведенных с их использованием, является одной из основных задач повышения их безопасности при эксплуатации. Известно, что ежегодно в нашей стране происходит около 300 тыс. пожаров, при которых гибнет в среднем более 16 тыс. чел. и почти столько же получает травмы [1]. Это в 3–5 раз больше по сравнению со странами Европы, США, Канадой, Японией. Ежегодный прямой материальный ущерб от пожаров в России исчисляется 2,7 млрд руб. [1], а косвенный — еще выше.

В современном строительстве существуют тенденции к применению большепролетных тонкостенных конструкций для возведения зданий повышенной этажности, изготавливаемых из высокопрочного бетона. Эти конструкции имеют небольшие сечения, что приводит к снижению их огнестойкости, потере устойчивости и несущей способности при нагреве растянутой арматуры до критической температуры (около 500 °C и выше) и, как следствие, к обрушению здания. В тех случаях, когда большепролетные конструкции используются для устройства подземных гаражей, складов, технических помещений, где вероятность возгорания и пожара высока, требования к огнезащите возрастают. Практический опыт в вопросах повышения огнестойкости железобетонных конструкций показывает, что несущие конструкции в жилых зданиях в процессе пожара обычно подвергаются огневому воздействию при температуре 1100 °C, что по ГОСТ 20910–90 соответствует классу бетона по предельно допустимой температуре применения И11.

По данным [2] предел огнестойкости не защищенных снизу тонкостенных армоцементных конструкций с толщиной защитного слоя 2 см составляет 30–36 мин. Следовательно, тонкостенные железобетонные конструкции с общей толщиной до 60–80 мм часто не удовлетворяют требованиям СНиП 21-01-97 для зданий I и II степеней огнестойкости [3].

Анализ существующих технических решений показал, что для повышения огнестойкости тонкостенных конструкций перспективно применение покрытий из термостойких композиционных материалов.

В целях обеспечения огнезащиты строительных конструкций могут применяться термостойкие материалы в виде облицовки из плитных, листовых, штучных изделий и штукатурок. Их использование позволяет увеличить огнестойкость тонкостенных конструкций, что в свою очередь обусловит повышение пожарной безопасности в строительстве в целом и даст существенный экономический эффект.

Целью работы является получение термостойкого материала для защиты бетонных и железобетонных конструкций в условиях пожара.

В связи с этим решались следующие задачи:

- 1) обоснование выбора методики проектирования составов термостойких материалов;
- 2) оптимизация составов термостойких материалов на основе шунгита;
- 3) изучение физико-механических свойств полученных термостойких материалов.

Для исследований использовались: портландцемент ПЦ 500 Д0 (ОАО “Осколцемент”); асбест хризотиловый марки А-6К-30 (г. Асбест, Екатеринбургская обл.); шунгит Зажогинского месторождения

(п. Толвуя, Республика Карелия), кварцевый песок Малышевского месторождения строительных песков с модулем крупности 1,84 (ЗАО “Воронежстройинновация”); молотый гранулированный шлак с удельной площадью поверхности 300, 500 и 700 м²/кг (Липецкий металлургический комбинат).

При оценке свойств термостойкого бетона определялись следующие показатели: средняя плотность (по ГОСТ 12730.1–78); прочность при изгибе и сжатии (по ГОСТ 18105–86); термостойкость образцов (по ГОСТ 20910–90). Микроскопические исследования структуры бетона осуществлялись с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-6380LV.

Одним из факторов, определяющим термостойкость материала, является плотность его защитного слоя. Требования, предъявляемые к термостойким материалам по плотности, неоднозначны. Ряд авторов рекомендует применять материалы с малой плотностью (300–500 кг/м³), другие исследователи считают, что она должна быть значительно выше. В данной работе предлагаются материалы с плотностью от 1300 до 1500 кг/м³.

Неоднозначность требований к термостойким материалам объясняется необходимостью обеспечения прочного сцепления покрытия с несущей конструкцией и, соответственно, прочностью самого композиционного материала. По ряду данных эта прочность должна быть в пределах не менее 10 МПа, что обеспечит надежность наносимого покрытия, а подвижность бетонной смеси в этом случае целесообразно принимать 5–9 см. Вместе с тем высокая плотность покрытия не обеспечивает эффективного снижения воздействия энергии теплового потока, возникающего при возгорании, на несущие конструкции при высокой теплопроводности покрытия.

В работе рассматриваются вопросы использования термостойких покрытий, которые изменяют свою теплопроводность при увеличении температурного воздействия. Как правило, в этих случаях в качестве заполнителя для таких покрытий применяют всучивающиеся материалы, например шунгизит, вермикулит, перлит, керамзит, а в качестве наполнителя, повышающего предел прочности при растяжении и термостойкость, — минеральную вату, стекловолокно, базальтовое волокно, асбест и др. [4].

Анализ ранее выполненных исследований позволил предложить материалы для получения термостойкого бетона, обладающего специальными свойствами, в частности повышенным пределом прочности при растяжении, для обеспечения несущей способности конструкции. Так, для повышения предела прочности бетона при растяжении и термостойкости цементного камня и бетона в целом была реализована идея его микроармирования с ис-

пользованием хризотил-асбестового волокна. В качестве вяжущего использовался портландцемент. При выборе вяжущего исходили из того, что применение портландцемента высокой марки обеспечит повышенную прочность бетона, а также его сцепление с заполнителем. Для создания несущего каркаса, для снижения усадочной деформации при твердении и огневом воздействии и для структурообразования использовался гранулированный шлак. Для обеспечения изменения теплозащитных свойств была реализована идея применения шунгита, который в процессе огневого воздействия изменяет свою плотность, снижая тем самым плотность и теплопроводность и повышая термостойкость материала.

Одним из свойств шунгита является его способность значительно увеличиваться в объеме, т. е. всучиваться при обжиге до температур 1100 °С. Вспученный шунгит обладает высокой термостойкостью, прочностью, нетоксичен, не подвержен гниению и препятствует распространению плесени, имеет высокую температурную стойкость, огнестойкость и отражающую способность. Применение этого компонента в термостойких материалах для огнезащиты дает возможность обеспечить целостность защищаемых конструкций.

По результатам оптимизации был получен следующий состав термостойкого бетона (с расходом материала на 1 м³): портландцемент — 400 кг, молотый шунгит — 45 кг, асбест — 13 кг, гранулированный шлак — 900 кг, вода — 295 л. Подвижность бетонной смеси — 5–7 см. Средняя плотность — 1400 кг/м³. Предел прочности при сжатии образцов составил 12 МПа, при изгибе — 2,5 МПа.

Сравнительные испытания термостойкого бетона и мелкозернистого бетона показали следующее. Образцы с шунгитом, подвергающиеся воздействию температур 1100 °С, сохраняли целостность и не имели поверхностных трещин; при этом визуально наблюдалась поризация структуры за счет всучивания шунгита.

Общий вид образцов после испытания на термостойкость при 1100 °С представлен на рис. 1.

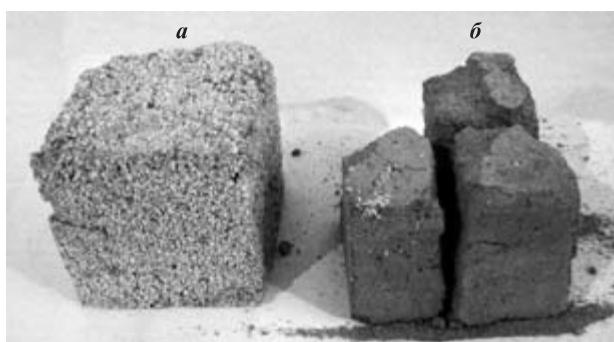


Рис. 1. Общий вид образцов с шунгитом (а) и контрольного (б) после испытания на термостойкость при 1100 °С

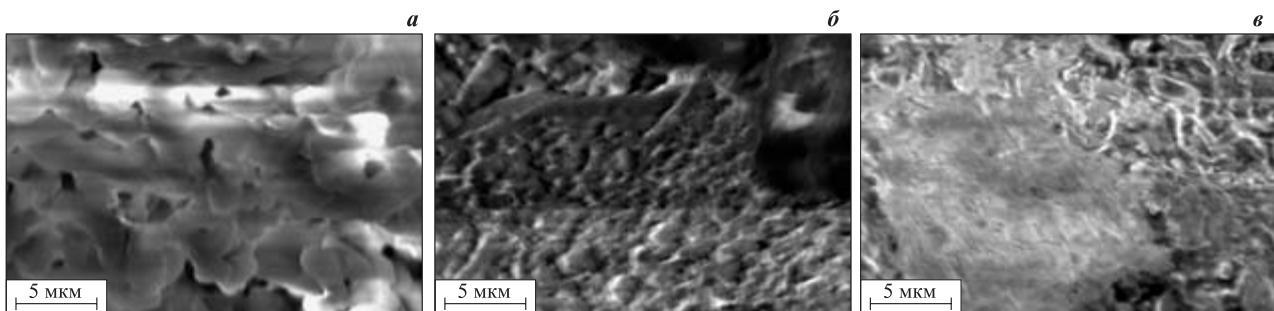


Рис. 2. Электронно-микроскопические снимки поверхности композиционных материалов при тепловом воздействии (увеличение 5000^{\times}): *а* — контрольный образец, $700\text{ }^{\circ}\text{C}$; *б* — образец с шунгитом, $900\text{ }^{\circ}\text{C}$; *в* — то же, $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$

Электронно-микроскопические исследования позволили установить изменения, происходящие в цементном камне термостойкого бетона. В сравнении с бетоном контрольного состава при температуре $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ в нем наблюдается формирование агрегирующей структуры. Эти изменения происходят за счет фазовых перестроек в цементном камне, так как в области этих температур хризотил-асбестовое волокно, гранулированный шлак и шунгит устойчивы. С повышением температуры до $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ степень агрегирования возрастает, что, вероятно, связано с началом вслучивания шунгита. При температурах выше $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ происходит интенсивное вслучивание шунгита, в результате чего структура из грану-

лированной переходит в частично оплавленную с выявлением четких локальных зон (рис. 2).

Вспучивание шунгита приводит не к разрушению материала, а к снижению теплопроводности бетона, что обеспечивает применение данного материала в качестве термостойкого покрытия для тонкостенных железобетонных конструкций. Испытания показали, что предлагаемый состав композиционного материала повышает термостойкость бетона при $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ в 12 раз, а при $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ — в 6 раз.

Таким образом, полученные композиционные материалы отличаются высокой термостойкостью и, соответственно, могут обеспечить высокую огнестойкость тонкостенных железобетонных конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кожевников А. Е. Прогрессивные технологии огнезащиты — надежное предотвращение пожаров // Строительные материалы. — 2002. — № 6. — С. 8–9.
2. Бушев З. П., Пчелинцев В. А., Федоренко В. С., Яковлев А. И. Огнестойкость зданий. — М. : Стройиздат, 1970. — 260 с.
3. СНиП 21-01-97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений : введ. 01.01.98 г. : утв. 13.02.97 г. Минстроем России. — М. : ГУП ЦПП, 1997; 1999; 2002.
4. Некрасов К. Д., Масленникова М. Г. Легкие жаростойкие бетоны на пористых заполнителях. — М. : Стройиздат, 1982. — 152 с.

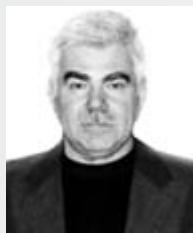
Материал поступил в редакцию 18 июля 2011 г.
Электронный адрес автора: tzagoryiko@mail.ru.



А. Ю. Лебедев
адъюнкт Санкт-Петербургского
университета ГПС МЧС РФ,
г. Санкт-Петербург, Россия



А. В. Собкалов
научный сотрудник Санкт-Петербург-
ского университета ГПС МЧС РФ,
г. Санкт-Петербург, Россия



Г. К. Ивахнюк
д-р хим. наук, профессор, профессор
Санкт-Петербургского университета
ГПС МЧС РФ, г. Санкт-Петербург, Россия

УДК 614.841.22

СКЛОННОСТЬ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ К САМОВОЗГОРАНИЮ. ЭКОЛОГО-КРИМИНАЛИСТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Рассмотрены экологический и криминалистический аспекты прогнозирования условий теплового самовозгорания и термической деструкции термопластичных и термореактивных органических материалов. Предложен способ утилизации твердых промышленных и коммуникационных отходов с последующим получением дополнительной товарной продукции природоохранного и промышленного назначения. Для целей исследования и экспертизы пожаров предложен комплексный метод исследования углеродных остатков, заключающийся в изучении текстуры их поверхности методом оптической и электронной микроскопии, а также определения содержания углерода, характера поверхностных оксидов и адсорбции паров воды как функции температуры и природы газовой среды.

Ключевые слова: условия теплового самовозгорания; термопластичные и термореактивные материалы; способ утилизации термопластичных материалов; исследование углеродных остатков после пожара.

Введение

Проблема достоверного изучения очага, а следовательно, и причин пожара, крайне негативно оказывается на эффективности работы по расследованию пожаров и всей системы пожарно-профилактической работы, так как последняя базируется на статистических данных по причинам пожаров и зависит от их объективности. Сокращение числа чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами, и, как следствие, уменьшение экологического ущерба от них станет возможным только в том случае, если экспертиза и профилактика пожаров будут переведены на научную основу. Для этого прежде всего необходимо выявление условий возникновения пожаров.

Огромный вклад в создание теоретической базы прогнозирования условий теплового самовозгорания твердых дисперсных материалов внес Я. С. Киселев. Посвятив 40 лет работе в этой области, он получил теоретические результаты, позволяющие прогнозировать теплофизические условия самопроизвольного возникновения теплового самовозгорания, самовоспламенения и взрыва. В его работах с единых позиций изложены физические условия самопроизвольного возникновения горения, вынужденного зажигания, распространения горения,

включая тление и гашение пламени. Важным научным результатом его работ явилось доказательство линейности теплоотвода от тел с внутренними источниками тепловыделения при стационарном температурном поле.

Следует отметить, что описанный Я. С. Киселевым механизм самовозгорания твердых дисперсных материалов [1] в большей мере относится к термореактивным материалам, которые по своим физико-химическим свойствам склонны к гетерогенному горению. Рассматривая процессы, предшествующие тепловому самовозгоранию органических материалов, с учетом их деления на *термопластичные* (*термопласти*) и *термореактивные* (*термопротопласти*), он пришел к выводу, что их окисление и, как следствие, возможность последующего теплового самовозгорания выявляет ряд принципиальных различий этих материалов.

Термическая деструкция *термопластичных* материалов (рис. 1, а) сопровождается размягчением (вплоть до полного перехода в вязкотекучее состояние), заметным набуханием и повторным отверждением при охлаждении или последующем росте температуры.

В результате термической деструкции термопластов образуется *кокс* — высокоуглеродистый про-

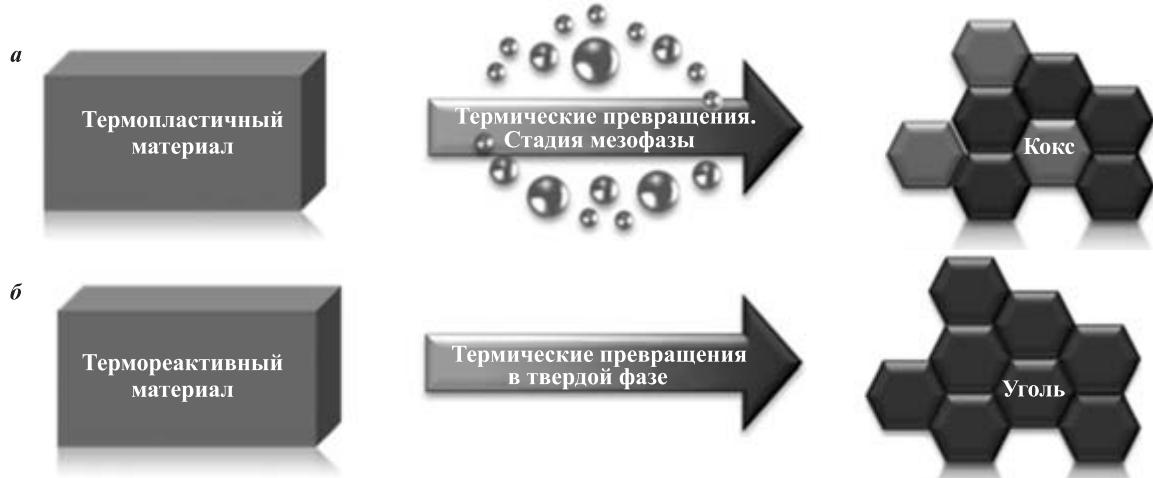


Рис. 1. Условная схема термической деструкции термопластичных (а) и термореактивных (б) материалов

дукт термической деструкции органического вещества, состоящий из графитирующегося углерода [2], основная часть которого в процессе карбонизации проходит через стадию жидкого или жидкокристаллического состояния — мезофазы. Графитирующийся углерод переходит в графит с достаточно совершенной трехмерной кристаллической структурой при термической обработке в интервале температур от 2500 до 3300 К.

Термореактивные материалы в отличие от термопластов неспособны размягчаться при повышенных температурах. Между макромолекулами их вещества действуют прочные химические связи, которые невозможно существенно ослабить повышением температуры в определенном диапазоне. В результате пластичные свойства у термореактопластов или не проявляются вообще, или проявляются слишком кратковременно, и деструкция протекает преимущественно в твердой фазе (рис. 1, б).

Основным продуктом термической деструкции термореактопластов является уголь, в процессе образования которого не происходит образования мезофазы. Поскольку процесс карбонизации минует жидкофазную стадию, полученный таким образом углеродный остаток сохраняет форму исходного материала [2]. Уголь является неграфитирующимся углеродным материалом, поэтому он не переходит в графитовый углерод при высокотемпературной (вплоть до 3300 К) обработке.

Экологический аспект

По последствиям большого пожара на складе шин (14 млн шт.) в Канаде можно оценить масштабы воздействия горения шин на окружающую среду. Пожар был потушен только через 17 суток с помощью пожарных вертолетов, а также благодаря сопутствующим грязевым ливням и снегопадам. В результате пожара образовались сотни литров диоксин-

содержащих масел. Вследствие выброса ядовитых дымов, содержащих канцерогенные субстанции — диоксины, пришлось эвакуировать окрестное население.

Так называемый “резиновый” пожар, вошедший в анналы истории шинных свалок Америки, произошел неподалеку от калифорнийского городка Вестли, в одном из горных каньонов, годами служившем местом сброса старых шин. В результате пожара под угрозой оказались здоровье и жизнь населения целого фермерского района, который был накрыт черным облаком ядовитого дыма, а коммуникации залиты потоками токсичных жидких отходов, образовавшихся из сгоревших шин. Государственное агентство по охране окружающей среды (U. S. Environmental Protection Agency) потратило 3 млн 500 тыс. долл., чтобы потушить пожар, продолжавшийся 30 суток [3].

Из вышеприведенных примеров видно, что резинотехнические изделия, относящиеся к классу термопластичных материалов, проходя мезофазные превращения, не подвержены тлению, так как при термической деструкции происходит их оживление и резкое уменьшение удельной площади их поверхности, вследствие чего повышается теплопроводность всей массы. Однако при соответствующей обработке многие термопластичные материалы могут переходить в термореактивную форму. Такой переход происходит, например, при длительном нагревании на воздухе при 100–150 °С большинства синтетических термопластов. Прежде всего, это обусловлено образованием OH-групп при хемосорбции кислорода, который затем дегидратируется с образованием дополнительных эфирных (—O—) связей, препятствующих деструкции каркаса при пиролизе. Для полного перехода в термореактивное состояние существуют пороговые значения степени окисления углеродсодержащих материалов [4]. Так, для

резиновых смесей скорость поглощения кислорода зависит от температуры, их типа и состава. После выдержки в муфельной печи при температурах 25, 50, 80, 100, 120 и 140 °C в течение 24 ч содержание кислорода в центре образца толщиной 20 мм составляет соответственно 4, 30, 67, 80, 90 и 96 % от содержания кислорода на его поверхности. Повышение температуры на 10 °C может более чем вдвое увеличить скорость окисления. При одинаковой вулканизующей системе по стойкости к окислению резин каучуки можно расположить в следующем порядке: изопреновые (ПИ) < бутадиеновые (ПБ) < бутадиенстирольные (БСК) < хлоропреновые (ПХК) < бутадиеннитрильные (БНК) < бутиловые (БК) < кремнийорганические (силоксановые, силиконовые) (КК) [5].

Предварительное окисление позволит придать термореактивность такому углеродсодержащему сырью, как бывшие в употреблении автомобильные шины. С учетом того что вышедшие из употребления шины являются одним из самых многотоннажных и практически не подверженных природной деструкции полимерных отходов, перевод их в термореактивный материал даст возможность утилизировать их методом беспламенного горения (тления) с получением углеродного остатка.

Термоокислительный пиролиз в режиме тления можно считать процессом, представляющим наименьшую опасность для окружающей среды и обеспечивающим, помимо утилизации твердых промышленных и коммуникационных отходов, получение дополнительной товарной продукции природоохранного и промышленного назначения. Кроме того, возможно попутное генерирование высокотемпературных теплоносителей и высококалорийных энергоносителей, что может дать определенный экономический эффект.

Криминалистический аспект

Анализируя современный рынок предлагаемых строительных и отделочных материалов, можно сделать вывод, что лидирующие позиции по-прежнему занимают натуральные и композиционные древесные материалы, которые по тепловому воздействию принадлежат к классу термореактивных материалов. Тем не менее известная номенклатура термопластичных строительных материалов на основе ПВХ насчитывает более 100 видов (линолеумы, плитки, пленки и другие отделочные материалы). В современных кабельных изделиях на долю пластиков на основе поливинилхлоридной смолы приходится 75 % всей массы используемых полимеров. В табл. 1 приведена возможная классификация термопластичных и термореактивных материалов, составляющих пожарную нагрузку в подавляющем большинстве жи-

Таблица 1. Материалы, составляющие основную пожарную нагрузку

Тип материала	Наименование материала (изделия)
Термопластичный	Облицовочные ПВХ-плитки Линолеумы Полиэтиленовые трубы Пенопласти Электротехнические изделия Автомобильные шины Кабельная изоляция и пр.
Термореактивный	Деревянные конструкции Фанера Древесностружечные плиты Древесноволокнистые плиты Слоистые пластики Клеи, мастики, лаки Эпоксидные смолы и пр.

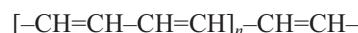
лых, общественных и производственных зданий. Эти материалы и их углеродные остатки в пожарно-технической экспертизе рассматриваются как потенциальные носители информации о процессах, протекавших в той или иной зоне пожара.

Среди исследуемых свойств продуктов горения и термического разложения углеродсодержащих материалов наиболее значимыми для пожарно-технической экспертизы являются те свойства, которые проявляются в диапазоне температур, соответствующих реальному пожару. Именно поэтому в приведенных ниже примерах термической деструкции термопластичных и термореактивных материалов рассмотрены физико-химические превращения, характерные для температур до 1000 °C.

Представителями класса термопластичных материалов являются материалы на основе поливинилхлоридной смолы. Известно [6], что при нагревании поливинилхлорида выше 100 °C происходит отщепление хлористого водорода:



Дегидрохлорирование передвигается по цепи, и образуется система с сопряженными двойными связями:



Механизм термического разложения поливинилхлорида протекает по схеме, включающей следующие стадии:

1. *Инициирование.* Термическое инициирование начинается с образования радикалов на полиеновых группах или в местах разветвления цепей.

2. *Продолжение цепи.* Неспаренный электрон увеличивает подвижность атома хлора, связанного с соседним атомом углерода. Атом хлора и атом во-

дорода отщепляются в виде хлористого водорода, в результате чего образуется двойная связь.

3. Обрыв цепной реакции. Прекращение цепной реакции может произойти в результате рекомбинации радикалов с образованием поперечных мостиков. Ускорение термоокислительного разложения поливинилхлорида в атмосфере воздуха при 150–250 °C обуславливается присутствием кислорода. Исследования показали, что скорость отщепления хлористого водорода при температурах 150–190 °C имеет постоянный характер, а выше 200 °C — автокаталитический. Ускорение выделения хлористого водорода в атмосфере кислорода объясняется возникновением новых активных центров, начинающих цепную реакцию дегидрохлорирования. Разложение любой полимерной композиции на основе ПВХ сопровождается образованием практически постоянного количества хлористого водорода с единицы массы разлагающегося материала.

Образование хлористого водорода при разложении хлоропренового каучука — наирита и резины на его основе начинается при более высокой температуре по сравнению с материалами на основе поливинилхлоридной смолы. Об этом можно судить по содержанию хлора в коксовом остатке (табл. 2).

Образование хлористого водорода начинается при 200 °C, а заканчивается практически при 360 °C. Основным продуктом разложения наирита при температурах до 400 °C независимо от среды (нейтральная, окислительная) является хлористый водород. При сжигании резины на основе хлоропренового каучука выделяется 87 % хлористого водорода от теоретически возможного количества независимо от объема воздуха, поступающего на горение.

На рис. 2 [4] представлена принципиальная схема происходящих текстурных трансформаций при пиролизе большинства термопластичных материалов.

В исходном состоянии (см. рис. 2, *a*) образуются слабоориентированные ламеллярные слои, между которыми размещены дополнительные группировки, которые, как и непосредственные мостиковые связи, играют роль стопоров или замков. Но в ходе пиролиза (см. рис. 2, *б*) эти “замки” разрыва-

ются, частично переходя в низкомолекулярные фрагменты, которые до момента удаления их из межслоевого пространства выполняют роль своеобразной смазки, обеспечивая скольжение и переориентацию графенов — слоев циклически полимеризованного углерода постепенно увеличивающихся размеров (см. рис. 2, *в*). Этим объясняется проявление термопластичности и последующий переход к коксам с макропористой структурой при отверждении системы. Образование вязкопластичной массы и ее набухание на стадии мезофазы приводят к исчезновению исходной пористости. Новая пористость возникает лишь на стадии отверждения, преимущественно в виде каналов от выделяющихся газов и паров. Диаметр таких пор велик, и их классифицируют, преимущественно, как макропоры [7].

Натуральная древесина и композиционные материалы на ее основе, как было ранее упомянуто, относятся к классу термопротивных материалов.

Органическая масса древесины содержит около 49,5 % углерода, 6,3 % водорода и 44,2 % кислорода. При нагревании древесины до температуры 110 °C из нее удаляется влага, а при более высоких температурах начинается разложение ее основных частей. Продукты разложения, образующиеся при 150–200 °C, состоят из воды и оксида углерода (IV). При температурах выше 200 °C образующиеся газообразные продукты являются горючими, так как содержат значительное количество оксида углерода, углеводороды и водород.

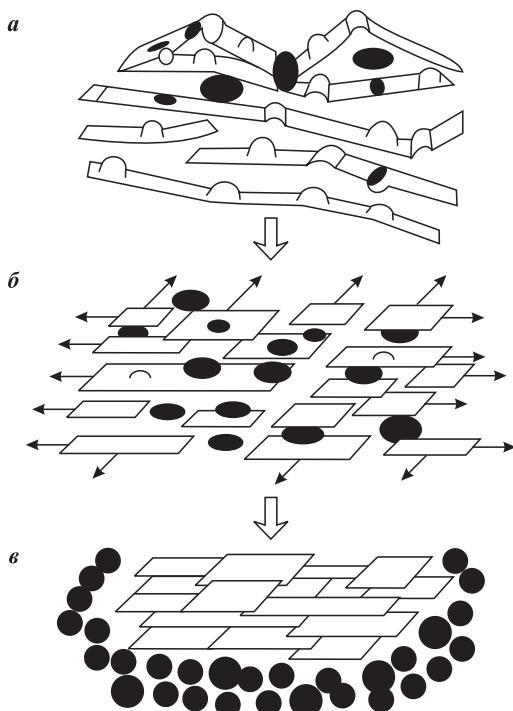


Рис. 2. Принципиальная схема текстурных трансформаций при пиролизе термопластичных материалов

Таблица 2. Элементный состав коксовых остатков, образующихся при термоокислительном разложении хлоропренового каучука

Температура, °C	Элементный состав, % масс.			
	C	H	Cl	Коксовый остаток
200	56,0	6,0	38,0	—
300	74,0	5,9	17,8	2,3
360	85,0	6,4	2,0	6,6
400	89,0	4,4	1,6	0,5

Исходя из данных термоустойчивости термическое разложение составных частей древесины можно представить в такой последовательности: в первую очередь разлагается гемицеллюлоза, затем — целлюлоза и, наконец, — лигнин. На термогравиметрических (ТГ) кривых разложения древесины выделены зоны, связанные с процессами разложения отдельных компонентов. Установлено [8], что гемицеллюлозы активно разлагаются в температурном диапазоне 225–325 °C, целлюлоза — 325–375 °C. Потери массы у лигнина происходят постепенно. Так, при температуре ниже 200 °C потери массы не превышают нескольких процентов, однако уже в интервале температур от 250 до 500 °C наблюдается заметное выделение летучих продуктов (рис. 3).

При термическом разложении древесина, превращаясь в уголь, постепенно обогащается углеродом, при этом уменьшается содержание водорода и кислорода, которые выделяются из нее в виде воды, углеводородов, оксида и диоксида углерода и других веществ (табл. 3).

Несмотря на качественное и количественное различие химических соединений, входящих в состав различных древесных пород, закономерности тер-

мического разложения древесины таковы, что элементный состав образующегося угля сохраняет постоянство для всех пород древесины на всех этапах пиролиза и зависит лишь от конечной температуры процесса, чего нельзя сказать о количестве и составе золы [8].

Рассматривая термическое разложение древесины, можно выделить основные, характерные для большинства термореактивных материалов физико-химические особенности этого процесса.

При пиролизе термореактивных материалов, так же как и в термопластичных материалах, происходят реакции деструкции и синтеза с постоянным снижением доли атомов углерода с гибридизацией sp^2 -типа и ее увеличением — sp^3 -типа. Наибольшие отличия проявляются в условиях тепло- и массообмена, глубине и последовательности протекания всех трансформаций, связанных с ограниченной подвижностью образующихся, потенциально мобильных промежуточных продуктов. В частности, это приводит к задержке удаления летучих продуктов, что способствует более полному участию их в реакциях горения. В этих условиях большое значение приобретает скорость нагревания, температура, давление и состав газовой среды. Эти факторы в значительной степени предопределяют именно микропористую структуру получаемого углеродного остатка [4].

Вследствие особенностей механизмов термической деструкции углеродные остатки термопластичных и термореактивных материалов выглядят по-разному. Так, например, коксовый остаток термопластичных материалов имеет макропористую структуру, обуславливаемую мезофазными превращениями, в отличие от углеродного остатка термореактивных материалов — угля, для которого характерна микропористая структура и, как правило, сохранение первоначальных форм материала. Следовательно, уже по форме и особенностям текстуры углеродного остатка можно определить принадлежность исходного материала к тому или иному классу органических материалов. Такая классификация продуктов термической деструкции термопластичных и термореактивных материалов позволит дополнить базу признаков степени термического поражения материалов, определяемых в результате визуального анализа при экспертизе пожаров.

Однако инструментальные методы исследования материалов после пожара позволяют сделать это количественно, а значит, более точно и объективно. Кроме того, эти методы и средства во многих случаях чувствительны к невидимым глазу изменениям в материале.

Так, например, исследование древесных углей, образующихся при горении древесины, показало, что факторами, определяющими их свойства, явля-

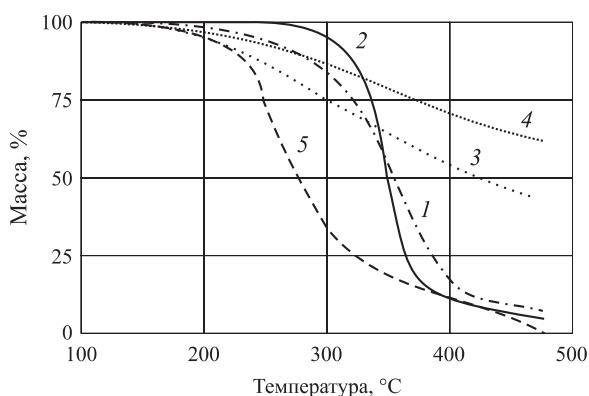


Рис. 3. ТГ-кривые пиролиза древесины тополя и ее основных компонентов: 1 — древесина; 2 — целлюлоза; 3 — лигнин измельченной древесины; 4 — лигнин Классона; 5 — ксилан

Таблица 3. Изменение элементного состава древесины при термическом разложении

Температура, °C	Состав угля, %		
	C	H	O ₂
110	50,6	6,2	43,2
200	54,5	5,3	40,2
300	72,8	4,3	22,9
400	80,2	3,5	16,3
500	89,5	2,8	8,1
600	94,3	2,2	3,5
700	95,5	1,6	2,9

ются прежде всего температура и длительность теплового воздействия на древесину. Было установлено [9], что с этими параметрами надежно коррелируется электропроводность древесных углей и глубина их обугливания:

$$f\left(\frac{R}{\tau}\right) = \frac{a - b}{T}; \quad f\left(\frac{H}{\tau}\right) = \frac{c - d}{T}, \quad (1)$$

где R — электросопротивление;

τ — время воздействия пожара;

H — глубина обугливания;

T — температура;

a, b, c, d — эмпирические параметры.

Решив систему (1), можно получить уравнения для расчета температуры и длительности горения по результатам определения электросопротивления угля и глубины обугливания в точке отбора пробы. Это позволит с достаточной степенью достоверности определить температурные и временные характеристики горения, что необходимо для установления первичного очага возгорания. Предложенные зависимости были проверены на большом количестве опытных данных, и на их основании предложена соответствующая методика экспертных исследований.

Авторами данной методики был разработан специальный комплект оборудования “АКО1-01-ЭП” [10] для исследования углеродных остатков органических материалов после пожара, в состав которого входят гидравлический пресс и пресс-форма.

Конструкция пресс-формы (рис. 4) предполагает после каждого измерения тщательную очистку эbonитовой втулки, где происходит непосредственно сжатие пробы, от остатков порошка угля.

Однако пресс-форма имеет ряд недостатков. Во-первых, даже при выполнении всех рекомендаций методики при ее многократном использовании данные результатов измерений становятся недостоверными. В первую очередь это связано с несовершенством конструкции пресс-формы, так как при рабочем давлении (40–45 кгс/см²) частицы углеродного материала диффундируют в стенки эbonитовой втулки. В результате этого явления диэлектрический элемент пресс-формы приобретает собственное значение проводимости, которое впоследствии и фиксируется мегомметром. Во-вторых, при исследовании дел крупных и сложных пожаров для создания полноценной доказательной базы возникает необходимость сохранения материала исследования (проб угля) в качестве вещественных доказательств.

В результате работы по устранению описанных недостатков нами была предложена усовершенствованная конструкция пресс-формы (рис. 5), кото-

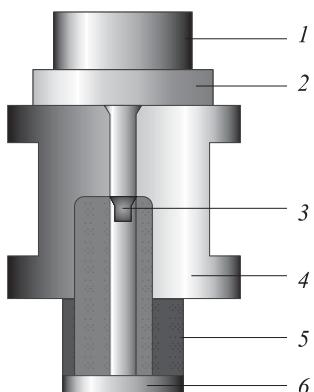


Рис. 4. Пресс-форма для измерения электросопротивления углеродных остатков органических материалов: 1 — пuhanсон (HRC 55-60); 2 — резиновая шайба; 3 — пробы угля; 4 — направляющая; 5 — эбонитовая втулка; 6 — поддон (HRC 55-60)

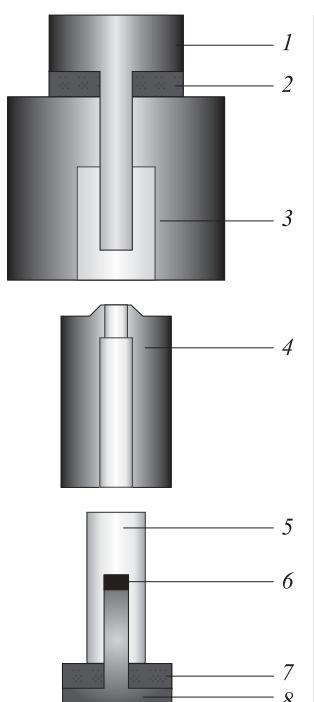


Рис. 5. Пресс-форма для измерения электросопротивления углеродных остатков органических материалов с изменениями в конструкции: 1 — пuhanсон (HRC 55-60); 2, 7 — резиновая шайба; 3 — направляющая; 4 — стальная втулка с режущей кромкой; 5 — полиамидная трубка; 6 — пробы угля; 8 — поддон (HRC 55-60)

рая позволяет более точно определять электросопротивление и сохранять пробы угля после измерений в качестве вещественных доказательств. Данная конструкция качественно изменяет доказательность экспериментальных исследований, так как позволяет верифицировать их при проведении независимых экспертиз.

Из приведенного примера следует, что разработка любого инструментального метода исследования базируется на выполнении следующих условий:

1) определение тестовой характеристики (свойства вещества), которая объективно отражает степень разрушения материала или его отдельных составляющих под воздействием температуры пожара;

2) выбор метода количественного определения этой тестовой характеристики [9].

Соблюдение этих условий в полной мере обеспечивается в предлагаемом нами методе исследования продуктов пиролиза термопластичных и термоактивных материалов:

1. В качестве тестовой характеристики выбрана величина адсорбции паров воды на окисленной поверхности углеродных материалов, которая адекватно отражает различные интервалы температур, а также влияние природы газовой среды на пожар.

2. В качестве метода количественного анализа выбран метод определения величины адсорбции паров воды на окисленных поверхностях углеродных адсорбентов, в роли которых выступают продукты термической деструкции термопластичных и термореактивных материалов после пожара.

Взаимодействие углеродных остатков термической деструкции термопластичных и термореактивных материалов с кислородом воздуха при температурах выше 200 °C сопровождается хемосорбией кислорода и образованием газообразных оксидов углерода. При этом углем связывается до 15–25 % кислорода в виде поверхностных оксидов, в результате чего образуется окисленный уголь [11].

Согласно [12] при взаимодействии кислорода с поверхностью угля образуются три поверхностных оксида (рис. 6): первый (A), основной — при обычной температуре и малых давлениях кислорода (ниже 2 мм рт. ст.); второй (B), основной — при обычной температуре и давлении кислорода выше 2 мм рт. ст.; третий (C), кислый — при взаимодействии кислорода с поверхностью угля в интервале температур 200–700 °C.

Поверхностные оксиды оказывают существенное влияние на каталитические, хемосорбционные и ионообменные свойства углей, а также на характер сорбции водяных паров и других полярных веществ из паровоздушной смеси [13].

Основной причиной адсорбции воды окисленным углем являются первичные адсорбционные центры — кислородные поверхностные соединения, которые способны присоединять молекулы воды за счет водородных связей. Каждая адсорбированная молекула служит вторичным адсорбционным центром, также способным образовывать водородные связи с другими молекулами воды [14].

Исследования адсорбции водяного пара на различных углеродных адсорбентах позволили установить, что в зависимости от атмосферы и конечной температуры пиролиза величина адсорбции паров воды будет различна. В табл. 4 [15] показано, как изменяются гигроскопические свойства древесного угля с изменением температуры пиролиза и с увеличением степени его окисления. Окисление поверхности угля придает ей в известных пределах полярные свойства, в связи с чем его гидрофильность увеличивается.

Наибольшее количество паров воды адсорбирует уголь, полученный при температуре около 500 °C. Дальнейшее повышение температуры заметно сни-

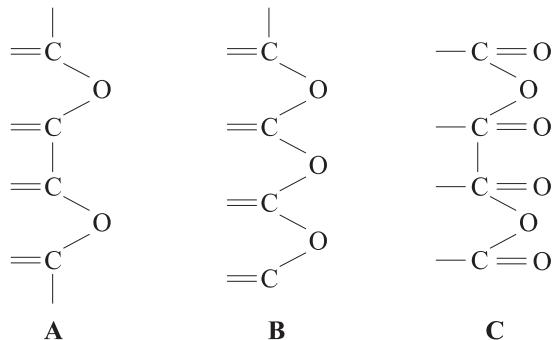


Рис. 6. Схематическая структура поверхностных оксидов А, В и С

Таблица 4. Влияние температуры прокаливания угля на гигроскопичность

Конечная температура прокаливания угля, °C	Поглощение паров воды углем, %	
	свежевыжженным	окисленным
400	0,75	3,05
450	1,01	3,71
500	1,16	4,34
550	0,87	4,13
600	0,69	3,25
700	0,29	1,59
800	0,34	1,05

жает гигроскопические свойства его поверхности. Несмотря на повторное увеличение объема микропор угля с повышением температуры прокаливания, количество адсорбируемого при этом водяного пара сокращается, что свидетельствует о главенствующей роли свойств поверхности, а не сорбционного объема угля.

Влияние температуры прокаливания угля на его гигроскопичность объясняется следующим. При нагревании угля до 500 °C он содержит еще значительное количество летучих веществ, включающих в себя различные функциональные группы, часть которых обладает полярными свойствами. При увеличении температуры выше 550 °C начинает происходить быстрый спад фрагментов структуры угля, содержащих кислород и водород, что приводит к освобождению от них. Поверхность угля по своему строению все более приближается к строению чистого углерода, у которого при соприкосновении с водой возникают весьма слабые силы взаимодействия.

Следовательно, данные результатов исследования адсорбции паров воды на углеродных остатках органических материалов могут быть использованы как для определения характера горения (тление, пламенное горение), так и для установления температурного режима на пожаре.

Выводы

1. Уточнена классификация органических материалов, позволяющая прогнозировать их склонность к тепловому самовозгоранию.

2. Установлено, что дополнительное окисление способствует переходу термопластичных материалов в термореактопласти. Следовательно, предварительное окисление позволяет придать термореактивность углеродсодержащему сырью.

3. Для целей исследования и экспертизы пожаров:

- расширена база классификационных признаков при визуальном осмотре материалов после пожара (средствами оптической и электронной микроскопии);
- предложенная в работе усовершенствованная конструкция пресс-формы позволяет устранить недостатки существующей методики ис-

следования углеродных остатков органических материалов. Получаемые в результате измерений образцы могут быть сохранены в качестве вторичных вещественных доказательств и использованы для проведения независимых экспертиз;

- на основании литературных данных установлено существование сложного химического взаимодействия кислорода с поверхностью углеродного остатка, который ведет себя различно по отношению к кислотам и щелочам в зависимости от конечной температуры термической деструкции;
- предложен метод исследования углеродных остатков после пожара, заключающийся в установлении величины адсорбции паров воды на углеродных остатках как функции температуры и природы газовой среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев Я. С., Хорошилов О. А. Физические модели горения в системе пожарной безопасности. — СПб., 2009.
2. Ивахнюк Г. К., Нилова М. И. Углеродные и графитовые материалы. Основные термины. — Л., 1986.
3. Проблемы переработки автомобильных и авиационных шин. — URL : <http://www.biotecbel.ru/site/site5.htm>
4. Фенелонов В. Б. Пористый углерод. — Новосибирск, 1995.
5. Федюкин Д. Л., Махлис Ф. А. Технические и технологические свойства резин. — М. : Химия, 1985.
6. Щеглов П. П., Иванников В. Л. Пожароопасность полимерных материалов. — М. : Стройиздат, 1992. — 110 с.
7. Дубинин М. М. Исследования в области адсорбции газов и паров углеродными адсорбентами. — М. : Изд-во АН СССР — 1956.
8. Асеева Р. М., Серков Б. Б. Горение древесины и ее пожароопасные свойства. — М., 2010.
9. Чешко И. Д. Физико-химические основы установления очага пожара при экспертном исследовании чрезвычайных ситуаций : дис. ... д-ра техн. наук. — СПб., 2001.
10. Чешко И. Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования). — СПб., 1997.
11. Тарковская И. А. Окисленный уголь. — К., 1981.
12. Плаченов Т. Г. Технология сорбентов. Активированные угли. Ч. 1. — Л., 1941.
13. Поверхностные химические соединения и их роль в явлениях адсорбции // Сборник МГУ. — М., 1957.
14. Дубинин М. М. Адсорбция паров воды и микропористые структуры углеродных адсорбентов // Изв. АН СССР. Сер. Хим. — 1981. — № 1. — С. 9–31.
15. Бронзов О. В., Уткин Г. К. Древесный уголь. Получение, основные свойства и области применения древесного угля. — М., 1979.

Материал поступил в редакцию 15 июня 2011 г.
Электронные адреса авторов: swanet@inbox.ru;
sobkalov-a@yandex.ru; fireside@inbox.ru.



С. Л. Барботко
канд. техн. наук, начальник лаборатории
ФГУП "ВИАМ", г. Москва, Россия



Е. Н. Шуркова
инженер ФГУП "ВИАМ",
г. Москва, Россия

УДК 614.841.41:629.7.042.2

О ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВНЕШНЕГО КОНТУРА САМОЛЕТОВ

Использование для внешнего контура авиационной пассажирской техники полимерных композиционных материалов (ПКМ) вместо алюминиевых сплавов позволяет обеспечить существенное повышение экономической эффективности авиатранспортного средства за счет снижения его массы, но одновременно может существенно изменить безопасность всей конструкции. В связи с этим показана необходимость анализа возможных последствий при переходе на другой тип материалов. Данна оценка возможному изменению характеристик пожаробезопасности самолета при широкомасштабном использовании ПКМ в конструкциях внешнего контура большегрузной пассажирской авиационной техники.

Ключевые слова: пожаробезопасность; полимерный композиционный материал; фюзеляж; авиационная техника.

Одним из критериев оценки работы авиационного транспорта является достижение как можно более высокой экономической эффективности при его эксплуатации. При выполнении пассажирских перевозок с использованием гражданской авиации один из путей решения этой проблемы заключается в снижении расхода топлива в расчете на одного пассажира или килограмм груза, которое может быть обеспечено применением более совершенных двигателей, аэродинамических форм внешнего контура, созданием более вместительных транспортных средств либо снижением их массы. Первый и второй способы не имеют отношения к теме данной статьи и поэтому не рассматриваются. Два оставшихся способа фактически могут быть решены путем более широкого применения полимерных композиционных материалов (ПКМ) при проектировании и изготовлении авиатранспортных средств.

В настоящее время общая доля полимеров в конструкции широкофюзеляжного пассажирского самолета составляет 4...10 %, и то в основном они используются для отделки интерьера салонов. Замена алюминиевых сплавов в конструкциях крыла и фюзеляжа большегрузного транспортного самолета на ПКМ обеспечит снижение массы конструкции на 40 % [1]. Создание опытного экземпляра самолета B787 корпорации "Boeing" с фюзеляжем, полностью выполненным из углеродных полимерных композиционных материалов, свидетельствует о том, что широкомасштабный переход на использо-

ование ПКМ в конструкциях внешнего контура для изделий как пассажирской, так и транспортной авиации может произойти в ближайшие годы.

Однако использование ПКМ вместо алюминиевых сплавов может существенно изменить безопасность всей конструкции в плане как механики разрушения, так и поведения в условиях пожара [2].

В аварийных ситуациях при взлете или посадке самолета высока вероятность возникновения внешнего пожара от разлившегося авиатоплива. Разработка и эксплуатация широкофюзеляжных самолетов высокой пассажировместимости требует, чтобы конструкция самолета обеспечивала как можно большую продолжительность допустимого периода аварийной эвакуации. Следовательно, необходимо иметь настолько высокую огнестойкость внешнего контура (фюзеляжа и крыла), чтобы исключить возможность проникновения огня во внутренние отсеки самолета при нахождении там людей.

Материалы, применяемые для изготовления внешнего контура авиационной техники, являются сильно- или средненагруженными, т. е. несут большие механические нагрузки и, соответственно, должны иметь высокие физико-механические характеристики. В настоящее время для изготовления внешнего контура самолетов пассажирской транспортной категории (фюзеляж, крыло) преимущественно используются различные алюминиевые сплавы, которые не воспламеняются и не распространяют пламя по своей поверхности. Полимеры

во внешнем контуре применяются преимущественно для изготовления сравнительно небольших деталей — радиопрозрачных обтекателей радиолокационного оборудования, элементов механизации крыла (элероны, закрылки) и хвостового оперения. Таким образом, доля неметаллов, используемых для изготовления деталей внешнего контура современных пассажирских самолетов, незначительна. Поэтому и в отечественных, и в зарубежных авиационных нормах требования по пожаробезопасности к материалам, применяемым для изготовления внешнего контура, не предъявляются.

Алюминиевые обшивки фюзеляжа под действием высокой температуры и пламени прогорают в течение 30...90 с. После этого пламя начинает воздействовать на внутренние материалы — теплозвукоизоляцию (ТЗИ), панели пола, стен, перегородок багажных и пассажирских салонов. После разрушения или прогорания панелей пламя проникает внутрь пассажирского салона, где под воздействием высоких температур возникает объемная вспышка материалов интерьера, что делает выживание людей невозможным. Следовательно, использование для изготовления внешнего контура материалов, обеспечивающих более высокую огнестойкость (устойчивость к сквозному прогоранию), могло бы повысить пожаробезопасность всей конструкции самолета.

Таким образом, характеристика стойкости материалов внешнего контура к сквозному прогоранию является одной из определяющих для сохранения жизни людей и должна быть регламентирована.

В настоящее время проблема обеспечения огнестойкости внешнего контура пытаются решить за счет требований, предъявляемых к теплозвукоизоляции фюзеляжа.

Возможным способом повысить огнестойкость внешнего контура является использование ПКМ, из которых может быть изготовлен и силовой набор фюзеляжа самолета (стрингеры и шпангоуты).

ПКМ на основе стекло- или углеволокон в качестве армирующей матрицы содержат вещества, практически не участвующие в процессе горения в условиях пожара*. Поэтому при выгорании связующего слоя стеклоткани или углеродной ткани являются препятствием для проникновения огня и теплового потока, а выходящие навстречу пламени газообразные продукты термодеструкции вследствие абляционного эффекта предотвращают прогрев более глубоких слоев материала. Даже при полном

выгорании связующего остаточная прочность армирующей матрицы достаточно высока. Таким образом, переход с алюминиевых сплавов на конструкции из ПКМ может обеспечить повышение огнестойкости внешнего контура.

В то же время подавляющее большинство полимеров при воздействии пламени, особенно сопровождающемся внешним тепловым потоком, способны к воспламенению и распространению пламени по поверхности. В процессе термодеструкции и горения полимеры выделяют токсичные газы и дым, которые могут вызвать отравление людей и затруднить процесс эвакуации. С этой точки зрения использование ПКМ в конструкции самолета фактически эквивалентно добавлению в процесс горения нескольких тонн горючих веществ. При распространении пламени по всей поверхности фюзеляжа из ПКМ аварийные спасательные средства (надувные трапы, канаты, веревочные лестницы) окажутсянеработоспособными, да и быстрая эвакуация людей, не прошедших специальную подготовку, сквозь открытое пламя практически невозможна. Через некоторое время после возникновения внешнего пожара пламя все равно проникает внутрь пассажирского салона через иллюминаторы, поэтому даже при сохранении целостности внешней обшивки самолета из ПКМ гибель людей в случае внешнего пожара может достигать 100 % вследствие отравления их токсичными продуктами горения, снижения концентрации кислорода в воздухе, воздействия повышенных температур. Поэтому при разработке и использовании полимерных композиционных материалов для внешнего контура авиационной техники обязательно следует учитывать их пожароопасные свойства.

В настоящее время ПКМ, предназначенные для изготовления сильно- и средненагруженных элементов, имеют полимерную матрицу на основе эпоксидных или полизифирных смол. Такие композиты способны воспламеняться и распространять пламя по всей поверхности даже от малокалорийного источника воспламенения (например, пламя лабораторной горелки Бунзена, спички, сигареты) и при отсутствии дополнительного теплового потока. Использование антиприренов, как правило, снижает механические свойства ПКМ и приводит к увеличению эмиссии дыма и токсичных газов.

Теплота горения подавляющего большинства полимерных связующих существенно выше теплоты горения многих металлов, а их воспламенение происходит, как правило, при более низкой температуре. Более того, при воздействии пламени многие полимеры способны распространять пламя даже без дополнительного воздействия теплового потока (см. таблицу). Кроме того, в процессе пожара созда-

* Углеродная ткань, несмотря на то что она полностью состоит из углерода, вследствие высокотемпературной обработки достаточно инертна и в условиях восстановительной атмосферы (среда продуктов газификации полимеров) при тепловом воздействии практически не выгорает.

Сравнение пожароопасных свойств различных материалов¹ [4–8]

Материал	Температура воспламенения или термо-деструкции, °С	Горючесть ²	Дымообразующая способность ³	Тепло-выделение ⁴ , кВт/м ²	Теплота сгорания ⁵ , кДж/г
Алюминий	1000...2500 ⁶ 933,5 ⁷	Трудно-сгорающий	Практически не выделяет дыма	< 5	30,5
Железо	1811 ⁷	То же	То же	< 5	7,3
Титан	> 200 ⁶ 1941 ⁷	«	«	—	~20
Углерод	900...1100	«	«	< 5	32,8
Полиметилметакрилат	300	Сгорающий	Существенно-дымящий	> 800	26,7
Поливинилхлорид	390	Само-затухающий	Сильно-дымящий	100...250 ⁸	18,2
Фторопласт-4	380...420	Трудно-сгорающий	Практически не выделяет дыма	5...10	4,3
ПКМ (стекло- или углепластик) на эпоксидном связующем	350...420	Сгорающий	Существенно-дымящий	120...180	32...35
ПКМ на эпоксидном (бромсо-держащем) связующем	350...420	Само-затухающий	Сильно-дымящий	90...120	30...32
Стеклопластик на полизифирном связующем	—	Сгорающий	То же	100...150	—
Стеклопластик на связующем из поликарбоната	400...420	Само-затухающий	Существенно-дымящий	60...90	30...32
Стеклопластик на связующем из полисульфона	420...480	То же	Слабодымящий	60...75	30...31
Стеклопластик на фенольном связующем	400...550	«	То же	15...70	30...35
Стеклопластик на связующем из полизифирсульфона	500...550	Трудно-сгорающий	Практически не выделяет дыма	15	28,5
Стеклопластик на связующем из полизифирэфиркетона	550...600	То же	То же	5...10	31
Стеклопластик на кремний-органическом связующем	450...600	«	Слабодымящий	5...10	—
Стеклопластик на полиимида-ном связующем	550...650	«	Практически не выделяет дым	10...35	—
Стеклопластик на алюмо-фосфатном связующем	—	«	То же	< 5	0
Металлополимерный композит (СИАЛ, GLARE)	—	«	«	< 5	—
Углепластик для ПКМ фюзеля-жа (Toray Composites, США)	450	Трудно-сгорающий ⁹	Среднедымящий	73	—

¹ При определении характеристик пожарной опасности использовали образцы материалов толщиной около 2 мм.² Метод испытания и классификация — по ОСТ 1 90094 (время воздействия пламенем горелки — 60 с, допустимая продолжительность остаточного самостоятельного горения — не более 15 с, допустимая длина прогорания — не более 152 мм).³ Метод испытания и классификация — по ГОСТ 24632–81.⁴ Приведены данные по максимальной интенсивности тепловыделения (пик) при испытании по методу, изложенному в АП–25 (Прил. F, ч. IV).⁵ Для ПКМ приведены теплоты сгорания полимерных связующих (бомбовая калориметрия).⁶ Для воспламенения необходимо удаление защитной оксидной пленки.⁷ Приведена температура плавления металлов. Температуры плавления сплавов на их основе могут существенно отличаться.⁸ Здесь и далее: в зависимости от конкретной марки полимерного связующего.⁹ Воспламеняется и распространяет пламя при воздействии теплового потока около 14 кВт/м².

ются высокие тепловые потоки от пламени к поверхности полимерного материала, обеспечивающие его воспламенение и распространение пламени по поверхности фюзеляжа.

В связи с этим при широкомасштабном использовании ПКМ в конструкциях внешнего контура необходимо, кроме оценки сопротивляемости сквозному прогоранию, определять и предельные тепловые условия распространения пламени по поверхности. Поскольку эксплуатация аварийных средств спасения (надувные трапы, рампы, баллонеты и т. п.) допускается при тепловом потоке на поверхность до $17 \text{ кВт}/\text{м}^2$, то необходимо, чтобы материалы внешнего контура хотя бы при таком тепловом потоке не распространяли пламя. В настоящее время этим условиям удовлетворяют полимерные матрицы на основе полизэфирэфиркетона, полимида, бисмалеимида, а также некоторых видов кремнийорганических соединений.

Поиск более пожаробезопасных полимерных связующих, способных обеспечить и восприятие больших механических нагрузок, ведется во всем мире. Одновременно ведутся исследования по выбору методов оценки пожарной безопасности внешнего контура авиационной техники. Наиболее вероятно, что Федеральным авиационным агентством США, а вслед за ним агентствами Евросоюза и Авиационным регистром МАК будут введены новые требования и методы испытания для материалов внешнего контура. В настоящее время справочник Aircraft Material Fire Test Handbook (США) [3] уже включает 24 метода оценки пожарной опасности материалов, узлов и элементов конструкций авиационного назначения, что явно является избыточным (из них 7 вариантов оценки горючести в зависимости от функционального назначения материала, 8 вариантов методов оценки стойкости к сквозному прогоранию).

По нашему мнению, подтверждаемому принципами нормирования пожаробезопасности в других отраслях промышленности, для всесторонней оценки полимерных материалов по критериям пожаробезопасности необходимо не более 5–6 методов определения: горючести (оценка способности к затуханию или распространению пламени по поверхности с предельно допустимой скоростью); критического теплового потока, вызывающего воспламенение; дымообразующей способности; токсичности продуктов горения; количества выделяемого при горении тепла; способности противостоять прогреву и проникновению огня.

Один из возможных путей решения проблемы защиты от сквозного прогорания — использование огнестойкой теплоизоляции. Для обеспечения комфортных условий полета вся внутренняя поверхность фюзеляжа защищается матами теплозвуко-

изоляции. В случае прогорания алюминиевой обшивки пламя начинает воздействовать именно на нее. В целях повышения пожаробезопасности пассажирской авиационной техники в Федеральные авиационные нормы США (FAR-25, п. 25.856) в 2003 г. были введены изменения, регламентирующие пожаробезопасность тепловой и акустической изоляции, а именно требования и два новых метода оценки, описанные в прил. F, ч. VI и VII.

В ч. VI FAR-25 описывается метод оценки распространения пламени по поверхности образца материала при воздействии инициирующего воспламенение пламени газовой горелки и теплового потока заданной интенсивности ($17 \text{ кВт}/\text{м}^2$ в центре образца). Для испытаний используется оборудование, близкое к стандартам ASTM E970, ASTM E648, NFPA 253 и, видимо, частично к ГОСТ Р 51032–97. Материалы должны распространять пламя по поверхности на расстояние не более 51 мм от центра воздействия огня, а продолжительность остаточного самостоятельного горения после удаления пламени горелки не должна превышать 3 с. В настоящее время данный метод оценки материалов введен в Федеральные авиационные требования Евросоюза (CS-25) и стран СНГ (АП-25).

Однако выполнения требований ч. VI FAR-25 недостаточно для обеспечения огненепроницаемости матов ТЗИ. В ч. VII предусматривается воздействие пламени мощной керосиновой горелки с температурой около 1038°C на маты ТЗИ и измерение теплового потока, проходящего через них. Образцы должны выдерживать воздействие пламени и не иметь сквозного прогорания, по крайней мере, в течение 4 мин, а проходящий через них тепловой поток на холодной стороне образца не должен превышать $22,7 \text{ кВт}/\text{м}^2$. Эти требования по пожаробезопасности материалов ТЗИ в настоящее время в Евросоюзе уже приняты, однако введение их на территории России и стран СНГ Авиационным регистром Международного авиационного комитета пока не планируется.

Современная авиационная тепловая изоляция фюзеляжа, отвечающая требованиям авиационных норм по пожаробезопасности, должна выдерживать воздействие пламени в течение длительного времени, однако она не рассчитана на силовые нагрузки. Тепловая изоляция фюзеляжа расположена между силовым набором и панелями стен пассажирского салона или багажного отсека. В силу этих конструктивных особенностей ТЗИ хорошо защищает внутренние части от отрицательных наружных температур, но не способна защитить силовой набор (стрингеры, шпангоуты) от нагрева при внешнем высокотемпературном воздействии. Поэтому в случае внешнего высокоинтенсивного пожара роз-

лива топлива, даже при использовании ТЗИ с высокой огнестойкостью, может быстро наступить потеря несущей способности силового набора, приводящая к разрушению фюзеляжа и, как следствие, к разрывам в тепловой изоляции и прониканию пламени во внутренние части самолета. Поэтому кардинально проблема может быть решена только при использовании внешней обшивки из таких материалов, которые обеспечивают ее длительное сопротивление сквозному прогоранию, а также защиту силового набора и сохранение его несущей способности при воздействии пламени и(или) повышенных температур.

Наиболее успешно противостоят воздействию пламени слоистые металлополимерные композиционные материалы (типа зарубежных GLARE или отечественных СИАЛ). При воздействии пламени верхний алюминиевый слой такого материала прогорает, однако нижележащий слой стеклоткани ПКМ создает тепловой экран и препятствует воздействию пламени на следующий слой металла, вследствие чего сквозного прогорания материала не наблюдается в течение длительного времени. Стеклоткань в составе слоя ПКМ способствует и сохранению механических свойств этого гибридного материала. Однако широкомасштабное применение металлополимерных композиционных материалов пока сдерживается технологическими трудностями в изготовлении листов большого размера.

Использование слоистых металлополимерных композиционных материалов не дает существенного снижения массы при изготовлении фюзеляжа крупных самолетов, а следовательно, не обеспечивает экономии топлива при регулярных авиапере-

возках. Поэтому применять более дорогой материал в целях предотвращения теоретически возможной угрозы пожара изготавливатели и эксплуатанты авиа техники скорее всего не захотят. При использовании ПКМ взамен алюминиевых сплавов в конструкциях внешнего контура (крыло и фюзеляж), и в частности углепластиков, экономия массы может достигать 20...30 %. Это обеспечит существенную экономию топлива или увеличение объемов грузоперевозок. Углепластики успешно противостоят сквозному прогоранию при воздействии высокотемпературного пламени в течение длительного времени (более 15 мин), достаточного для эвакуации людей. Однако при этом необходимо избежать еще и отравления людей продуктами горения (термодеструкции) полимера и распространения огня по всей внешней поверхности самолета.

В настоящее время широкомасштабные работы по выбору и разработке новых методов и критериев оценки пожарной опасности ПКМ для внешнего контура, поиску и созданию новых полимерных материалов авиационного назначения, наиболее полно отвечающих всему комплексу предъявляемых к ним требований, проводятся в зарубежных лабораториях [8–17]. Так, например, согласно планам Федерального авиационного агентства США (FAA) создание пожаробезопасного фюзеляжа запланировано к 2015 г. [18]. В России ведущей организацией по разработке авиационных материалов авиационного назначения ФГУП “ВИАМ” такие работы также ведутся, и есть надежда, что отечественные материалы и самолеты не будут уступать зарубежным, в том числе и по пожаробезопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Decadal Survey of Civil Aeronautics: Foundation for the Future / Steering Committee for the Decadal Survey of Civil Aeronautics, National Research Council. — 2006. — 212 р.
2. Дагаева А., Филиппов И. “Боинг-787” под подозрением // Аэронавтика и космос. — 2007. — № 38. — С. 24.
3. Aircraft Materials Fire Test Handbook // DOT/FAA/AR-00/12. — 235 р.
4. Барботко С. Л., Воробьев В. Н. Пожаробезопасность авиационных материалов и элементов конструкций : справочник / Под общ. ред. Е. Н. Каблова. — М. : ВИАМ, 2007. — 543 с.
5. Копылов В. В., Новиков С. Н., Оксентьевич Л. А. и др. Полимерные материалы с пониженной горючестью / Под ред. А. Н. Праведникова — М. : Химия, 1986. — 224 с.
6. Асеева Р. М., Заиков Г. Е. Горение полимерных материалов. — М. : Наука, 1981. — 280 с.
7. Перельман В. И. Краткий справочник химика / Под общ. ред. Б. В. Некрасова — М.-Л. : Химия, 1951. — 676 с.
8. Flammability Properties of Aircraft Carbon-Fiber Structural Composite // DOT/FAA/AR-07/57. — 43 р.
9. Full-Scale Test Evaluation of Aircraft Fuel Fire Burnthrough Resistance Improvements // DOT/FAA/AR-98/52. — 41 р.
10. Marker T. Update on Toxicity of Burnthrough-Compliant Insulation // 5th Triennial International Aircraft Fire and Cabin Safety Research Conference, October 29 – November 1, 2007. Atlantic City, New Jersey.

11. Ochs R. I. Development of a Lab-Scale Flame Propagation Test for Composite Fuselages // 5th Triennial International Aircraft Fire and Cabin Safety Research Conference, October 29 – November 1, 2007. Atlantic City, New Jersey.
12. Le Neve S. Fire behavior of structural composite materials // 5th Triennial International Aircraft Fire and Cabin Safety Research Conference, October 29 – November 1, 2007. Atlantic City, New Jersey.
13. Speitel L. C., Marker T. Development of a Laboratory-Scale Test for Evaluating the Decomposition Products Generated Inside an Intact Fuselage During a Simulated Postcrash Fuel Fire // 5th Triennial International Aircraft Fire and Cabin Safety Research Conference, October 29 – November 1, 2007. Atlantic City, New Jersey.
14. Webster H. In-Flight Burn-Through Tests. Aluminum vs. composite materials // 5th Triennial International Aircraft Fire and Cabin Safety Research Conference, October 29 – November 1, 2007. Atlantic City, New Jersey.
15. Marker T. Burnthrough Overview // 5th Triennial International Aircraft Fire and Cabin Safety Research Conference, October 29 – November 1, 2007. Atlantic City, New Jersey.
16. Development of a Laboratory-Scale Test for Evaluating the Decomposition Products Generated Inside an Intact Fuselage During a Simulated Postcrash Fuel Fire // DOT/FAA/AR-TN-07/15. — 48 p.
17. Flammability of Polymer Composites // DOT/FAA/AR-08/18. — 22 p.
18. Sarkos G. Evolution of FAA Fire Safety R&D Over the Years // 5th Triennial International Aircraft Fire and Cabin Safety Research Conference, October 29 – November 1, 2007. Atlantic City, New Jersey.

Материал поступил в редакцию 21 июля 2011 г.
Электронный адрес авторов: slbarbotko@yandex.ru.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу

А. А. Антоненко, Т. А. Буцынская, А. Н. Членов.
ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ КОМПЛЕКСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ : учебно-справочное пособие
/ Под общ. ред. д-ра техн. наук А. Н. Членова. —
М. : ООО “Издательство “Пожнаука”, 2010. — 210 с.



В учебно-справочном пособии изложены основы современного подхода к проблеме комплексного обеспечения безопасности объектов хозяйствования с помощью технических средств и систем; приведены сведения о технической эксплуатации комплексных систем безопасности, а также справочно-методическая информация для решения практических задач по эксплуатации. Дано основное содержание эксклюзивной разработки — ГОСТ Р 53704-2009 “Системы безопасности комплексные и интегрированные”, входящего в отраслевой комплект нормативно-технической документации по данной проблеме.

Книга предназначена для практических работников в области систем безопасности и может быть использована как учебное пособие для подготовки и повышения квалификации специалистов соответствующего профиля.

121352, г. Москва, а/я 43;
тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: mail@firepress.ru

**Е. В. Анцупов**

канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник Института проблем горения, г. Алма-Ата, Республика Казахстан

**С. М. Родивилов**

старший научный сотрудник Института проблем горения, г. Алма-Ата, Республика Казахстан

УДК 614.841

АНТИПИРЕНЫ ДЛЯ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрено влияние антипиренов и их смесей на снижение горючести пористых материалов (бумага, дерево, ткань). Определены тушащие концентрации водных растворов антипиренов. Показано, что эффективные антипирены имеют низкие температуры плавления или разложения, ингибиование горения пористых материалов происходит в газовой фазе, смеси из аммонийных солей или карбонатов щелочных металлов обладают аддитивностью, антагонизм проявляется в смесях аммонийных солей с солями щелочных металлов.

Ключевые слова: антипирены; огнезащита; древесина; бумага; ингибиование; неорганические соли.

Введение

Несмотря на появление большого количества разнообразных синтетических материалов, большую роль в нашей жизни играют натуральные пористые материалы (древесина, ткани, бумага): они широко используются в быту, строительстве, промышленности. Основным недостатком этих материалов является их повышенная горючесть.

Для снижения горючести пористых материалов часто применяются антипирены [1–5]. Использование бинарных и многокомпонентных ингибиторов может привести к усилению (синергизм), ослаблению (антагонизм) и аддитивности их действия на пламена. Эффект синергизма даже при незначительном количестве антипирена позволяет обеспечить подавление горения.

Целью данной работы было изучение влияния антипиренов на снижение горючести пористых материалов и исследование неаддитивных процессов воздействия многокомпонентных смесей пропиточных составов.

Экспериментальная часть

Большая часть неорганических солей, используемых как антипирены, являются водорастворимыми. Изучение воздействия антипиренов на древесину по ГОСТ Р 53292–2009 довольно трудоемко, поэтому мы изучали их воздействие на бумагу, поскольку полученные результаты могут быть перенесены и на древесину. В работе [6] описана аналогичная методика, которая была применена при

изучении горения фильтровальной бумаги, пропитанной NaHCO_3 и $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$.

В качестве испытуемого материала была выбрана бумага для хроматографии, так как, обладая определенной пористостью, равномерной по всей поверхности, она хорошо насыщалась водными растворами различных солей, которые могли бы быть использованы в качестве антипиренов. Кроме того, при ее сгорании не остается пепла.

Полоски бумаги длиной 130 мм, шириной 30 мм и толщиной 0,5 мм (объем полоски $1,95 \text{ cm}^3$, масса приблизительно 1,1 г) опускали на 5 мин в раствор антипиренов, затем высушивали при температуре 40 °C в течение 3–4 ч. Количество водного раствора, впитываемого полоской бумаги, составляло в среднем около 2,5 г. При концентрации водного раствора антипирена 20 mg/cm^3 количество сухой соли в полоске бумаги равно 40–50 мг, что составляло около 5 % от массы полоски бумаги; при этом в 1 cm^3 бумаги содержалось 20–25 мг сухой соли.

Высушенную полоску располагали горизонтально (ее плоскость при этом находилась в вертикальном положении) и поджигали с одного конца таким образом, чтобы фронт распространения пламени был вертикальным. Измерения скорости распространения пламени проводили на участке длиной 100 мм. Для контроля перед каждым экспериментом определяли скорость распространения фронта пламени по бумаге, пропитанной только дистиллированной водой. При увеличении концентрации антипирена ширина пламени в экспериментах уменьшалась приблизительно от 2,5 см до 8 мм.

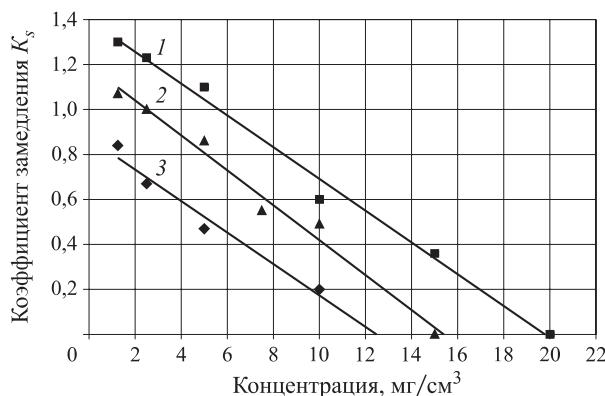


Рис. 1. Зависимость коэффициента замедления от концентрации антиприрена в растворе: 1 — NH_4I ; 2 — $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$; 3 — NH_4I (50) + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (50)

По результатам измерений рассчитывали коэффициент замедления K_s , показывающий, во сколько раз скорость распространения фронта пламени по пропитанной антиприреном бумаге меньше скорости фронта пламени по чистому образцу, и определяли предельную концентрацию антиприрена, при которой не происходило газофазного горения. Зависимость коэффициента замедления K_s от концентрации антиприренов имеет практически линейную зависимость (рис. 1), поэтому предельную концентрацию определяли по значению на пересечении прямой с осью абсцисс.

Для обработки полученных результатов для смесей антиприренов нами было предложено использовать формулу сложения параллельных сопротивлений. При аддитивности компоненты смеси воздействуют независимо друг от друга, поэтому для оценки действия смеси антиприренов можно использовать соотношение [7, 8]:

$$1/c_0 = a_1/c_1 + a_2/c_2 + \dots + a_n/c_n, \quad (1)$$

где $c_0, c_1, c_2, \dots, c_n$ — предельная концентрация соли в водном растворе, при которой пропитанная бумага не горит, соответственно смеси, ее 1-го, 2-го, ..., n -го компонентов; a_1, a_2, \dots, a_n — доля соответственно 1-го, 2-го, ..., n -го компонентов в смеси.

Обозначив левую часть соотношения E_0 , а правую — E , введем понятие коэффициента аддитивности:

$$K_{\text{адд}} = E_0/E. \quad (2)$$

Коэффициент аддитивности показывает, насколько огнетушащая способность смеси антиприренов отличается от аддитивного сложения огнетушащих способностей каждого из компонентов смеси: $K_{\text{адд}} = 1$ — в случае аддитивного сложения свойств компонентов смеси; $K_{\text{адд}} > 1$ — при синергизме; $K_{\text{адд}} < 1$ — при антагонизме.

С учетом погрешностей измерения аддитивный характер воздействия ингибиторов можно оценить в интервале значений $K_{\text{адд}} = 0,9 \div 1,1$.

Для определения эффективности действия смесей антиприренов введем еще один параметр — коэффициент эффективности.

Коэффициент эффективности $K_{\text{эфф}}$ — это отношение предельной концентрации лучшего по ингибирующей способности из компонентов смеси к предельной концентрации самой смеси, т. е. он характеризует эффективность использования антиприрена по сравнению с лучшим антиприреном в смеси. Значение $K_{\text{эфф}}$ должно быть более 1, тогда смесь антиприренов будет обладать лучшими показателями, чем каждый из антиприренов в смеси.

Для солей калия, как правило, характерно наличие режима трения, который не учитывался при установлении предельной концентрации. Некоторые полученные значения аппроксимированной предельной концентрации (в табл. 1 отмечены звездочкой) не соответствуют растворимости соли в воде при 20 °C. Полученные значения предельных концентраций (C_k) антиприренов и температур их плавления ($T_{\text{плав}}$) и расположения ($T_{\text{разл}}$) представлены в табл. 1. Здесь же приведены потери массы антиприрена при температуре 300 °C (Δm_{300}) и 1000 °C (Δm_{1000}), полученные из термограмм.

Вещества, приведенные в табл. 1, по активности их ингибирующей способности можно расположить в следующем порядке:

аммонийные соли: $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 > (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 > \text{NH}_4\text{I} > \text{NH}_4\text{Br} > \text{NH}_4\text{HSO}_4 > \text{NH}_4\text{Cl} > \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 >$ аммофос $> (\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} > \text{NH}_4\text{VO}_3 > (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (не тушит);

соли калия: $\text{K}_2\text{CO}_3 > \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} > \text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O} > \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 > \text{KNO}_3 > \text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O} > \text{KBr} > \text{KCl} > \text{K}_2\text{SO}_4$;

соли натрия: $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} > \text{NaHCO}_3 > \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4 > \text{NaCl} > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{NaF}$;

карбонаты: $\text{K}_2\text{CO}_3 > \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} > \text{NaHCO}_3 > (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (не тушит);

хлориды: $\text{NH}_4\text{Cl} > \text{NaCl} > \text{KCl}$;

оксалаты: $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} > (\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$;

бромиды: $\text{NH}_4\text{Br} > \text{KBr}$;

сульфаты: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{K}_2\text{SO}_4$.

Промотирующим эффектом обладают бромат калия, нитраты аммония, бария и меди. При небольших концентрациях антиприренов $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, NH_4I , NH_4Br (менее 8 мг/см³) наблюдается промотирование горения, при их увеличении — ингибирование. Бромид калия при концентрации антиприрена менее 40 мг/см³ ведет себя как промотор, а при больших концентрациях ингибирует горение. Пента-

Таблица 1. Предельная концентрация, температуры плавления и разложения антипиренов

Вещество	$C_{\text{к}} \text{ мг}/\text{см}^3$	$T_{\text{плав}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{разл}}, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{г}/\text{см}^3$	$\Delta m_{300}, \%$	$\Delta m_{1000}, \%$
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	15	—	> 70	1,62	42,5	62,0
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{N}_2\text{O}$	17	75	320, $-\text{N}_2\text{O}$	1,82	36,5	44,5
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	19	—	335 (> 220)	1,77	20,0	87,0
NH_4I	20	—	Возг. 405	2,51	96,0	100
NH_4Br	20	—	Возг. 394	2,43	45,0	98,5
NH_4HSO_4	20	146,9	Разл.	1,78	—	—
K_2CO_3	22	891	Разл.	2,44	10,0	38,0
$\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	24	—	> 160	2,13	11,0	53,5
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	25	190	—	1,80	22,0	35,5
Аммофос	26	—	—	—	5,0	74,0
Модиф. крахмал	26	—	—	—	—	—
$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	32	858	Разл.	2,53	24,0	59,0
Меламин	32	—	354	—	40,0	100
H_3PO_4	33	42,35	213, $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$	1,83	—	—
NaHCO_3	33	—	100...150	2,20	46,5	77,5
NH_4Cl	33	—	Возг. 338	1,53	66,0	66,5
$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	43	92,5	—	1,76	46,0	77,0
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	48	396	> 500	2,69	6,0	19,0
KNO_3	52	334	400	2,11	1,5	57,0
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	68	—	120, $-4\text{H}_2\text{O}$; 150, $-6\text{H}_2\text{O}$	1,56	—	—
$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	77*	—	Разл.	1,50	—	—
$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	80	135	Разл.	1,34	80,0	100,0
NH_4VO_3	84*	—	100–150	2,33	—	—
$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	86	—	70, $-3\text{H}_2\text{O}$	1,94	12,0	34,0
Нитроаммофос	110	174	225	1,50	—	—
$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$	110*	250	> 400	2,34	—	—
$\text{CS}(\text{NH}_2)_2$	130*	182	—	1,41	—	—
NaCl	160	801	Кип. 1465	2,16	—	—
LiNO_3	180	253	600	2,36	22,0	85,5
Дициандиамид	190*	208	Разл.	1,40	—	—
Смола КФЖ	195	—	—	—	—	—
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	210	884	—	2,70	—	—
KBr	290	734	—	2,75	—	—
KCl	290	771	Кип. 1380	1,99	1,0	63,0
NaF	300*	996	Кип. 1787	2,79	—	—
K_2SO_4	370*	1069	> 2000	2,66	—	—

эрритрит до концентрации 100 $\text{мг}/\text{см}^3$ практически не замедляет скорости горения.

Хорошими ингибирующими свойствами обладают аммонийные соли, из которых большой практический интерес представляет сульфат аммония, поэтому был исследован ряд смесей с сульфатом аммония. Следующими по эффективности являются карбонаты. Из индивидуальных солей составлялись бинарные и многокомпонентные смеси.

Предельные концентрации, коэффициенты аддитивности и эффективности смесей антипиренов приведены в табл. 2. Как видно из табл. 2, в некоторых смесях наблюдалась неаддитивность по сравнению с индивидуальными солями. Самые высокие коэффициенты аддитивности и эффективности имеет смесь $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (50) + $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (50), но ее предельная концентрация несколько выше, чем у $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (50) + NH_4I (50). Хорошими показате-

Таблица 2. Предельная концентрация, коэффициенты аддитивности и эффективности смесей антиприренов

Смесь (концентрация, % масс.)	C_k , мг/см ³	$K_{\text{адд}}$	$K_{\text{эфф}}$	Наличие эффекта
(NH ₄) ₂ SO ₄ (95) + пентаэритрит (5)	15	1,32	1,27	Синергизм
(NH ₄) ₂ SO ₄ (95) + гидрохинон (5)	15	1,33	1,27	То же
(NH ₄) ₂ SO ₄ (98) + гидрохинон (2)	15	1,29	1,27	«
(NH ₄) ₂ SO ₄ (50) + (NH ₄) ₂ HPO ₄ (50)	16	1,06	0,94	Аддитивность
(NH ₄) ₂ SO ₄ (95) + пирокатехин (5)	17	1,17	1,11	Синергизм
(NH ₄) ₂ SO ₄ (80) + клей Methylan (20)	17	1,38	1,11	То же
(NH ₄) ₂ SO ₄ (33,3) + (NH ₄) ₂ HPO ₄ (33,3) + NH ₄ I (33,3)	18	0,99	0,83	Аддитивность
(NH ₄) ₂ SO ₄ (98) + модифицированный крахмал (2)	21	0,88	0,86	Антагонизм
(NH ₄) ₂ SO ₄ (50) + NH ₄ HPO ₄ (50)	22	0,99	0,86	Аддитивность
(NH ₄) ₂ SO ₄ (80) + CO(NH) ₂ (20)	22	1,02	0,86	То же
(NH ₄) ₂ SO ₄ (98) + КМЦ (2)	22	0,88	0,86	Антагонизм
(NH ₄) ₂ SO ₄ (95) + резорцин (5)	24	0,83	0,79	То же
(NH ₄) ₂ SO ₄ (50) + NH ₄ Cl (50)	26	0,93	0,73	Аддитивность
(NH ₄) ₂ SO ₄ (95) + клей Methylan (5)	26	0,77	0,74	Антагонизм
(NH ₄) ₂ SO ₄ (95) + H ₃ BO ₃ (5)	26	0,76	0,73	То же
(NH ₄) ₂ SO ₄ (95) + сахар (5)	31	0,64	0,61	«
(NH ₄) ₂ SO ₄ (50) + K ₂ CO ₃ (50)	330	0,10	0,05	«
(NH ₄) ₂ HPO ₄ (50) + NH ₄ I (50)	12	1,43	1,25	Синергизм
(NH ₄) ₂ HPO ₄ (75) + меламин (25)	12	1,44	1,25	То же
Na ₂ CO ₃ · 10H ₂ O (50) + K ₂ Cr ₂ O ₇ (50)	15	2,36	1,87	«
NH ₄ Br (50) + NH ₄ I (50)	16	1,15	1,06	«
(NH ₄) ₂ HPO ₄ (50) + NH ₄ Br (50)	16	0,99	0,94	Аддитивность
Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O (50) + K ₂ CO ₃ (50)	17	1,13	1,00	Синергизм
(NH ₄) ₂ HPO ₄ (95) + модиф. крахмал (5)	18	1,06	0,83	Аддитивность
(NH ₄) ₂ HPO ₄ (95) + гидрохинон (5)	18	1,55	0,83	Синергизм
(NH ₄) ₂ HPO ₄ (20) + NH ₄ I (80)	18	1,04	0,83	Аддитивность
(NH ₄) ₂ HPO ₄ (50) + NH ₄ Cl (50)	19	1,08	0,79	То же
NH ₄ H ₂ PO ₄ (45) + NH ₄ Br (55)	24	0,93	0,71	«
Na ₂ CO ₃ · 10H ₂ O (50) + K ₂ CO ₃ (50)	24	1,08	0,92	«
NaHCO ₃ (50) + K ₂ CO ₃ (50)	27	0,98	0,81	«
(NH ₄) ₂ HPO ₄ (75) + H ₃ PO ₄ (25)	34	0,51	0,44	Антагонизм
Na ₂ CO ₃ · 10H ₂ O (50) + K ₂ C ₂ O ₄ · H ₂ O (50)	38	0,72	0,63	То же
(NH ₄) ₂ HPO ₄ (50) + K ₂ CO ₃ (50)	47	0,38	0,32	«
(NH ₄) ₂ HPO ₄ (50) + Na HCO ₃ · 3H ₂ O (50)	55	0,38	0,27	«
(NH ₄) ₂ HPO ₄ (30) + NH ₄ I (30) + NH ₄ Br (30) + меламин (10)	23	0,82	0,65	«
Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O (75) + H ₃ BO ₃ (25)	21	1,03	0,81	Аддитивность
Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O (25) + (NH ₄) ₂ HPO ₄ (65) + меламин (10)	31	0,53	0,48	Антагонизм

лями обладает также смесь (NH₄)₂HPO₄ (75) + меламин (25). Здесь и далее в скобках указана концентрация компонентов в смеси (% масс.).

На рис. 2 приведена предельная концентрация раствора NH₄I + (NH₄)₂HPO₄ в зависимости от содержания (NH₄)₂HPO₄. Из рисунка следует, что оптимальная концентрация гидрофосфата аммония в смеси составляла 50 %.

Обсуждение результатов

Механизм горения древесины можно описать следующим образом [9]. При повышении температуры до 125 °C из древесины испаряется влага, а дальнейшее увеличение температуры приводит к выделению летучих веществ. Продукты разложения древесины при температуре ниже 250 °C в основном содержат водяной пар, диоксид углерода и неболь-

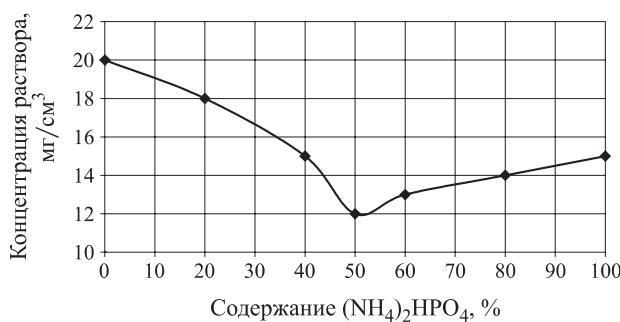


Рис. 2. Пределная концентрация раствора $\text{NH}_4\text{I} + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ в зависимости от содержания $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

шое количество горючих газов, поэтому они не способны гореть.

В диапазоне температур от 250 до 260 °C выделяется большое количество оксида углерода и метана и начинается устойчивое горение пиролизуемых летучих продуктов. После воспламенения за счет тепла пламени температура верхнего слоя древесины повышается до 290–300 °C. При этом наблюдается максимальный выход газообразных продуктов и наибольшая высота пламени.

Перед фронтом пламени при перемещении его по полоске бумаги температура повышается и происходит разложение антипиренов. Действие антипиренов в большой степени зависит от температуры разложения и наличия кристаллизационной воды. Кристаллизационная вода, как правило, переходит в газовую фазу при температуре менее 300 °C. Если образование негорючих газов при разложении антипиrena происходит до этой же температуры, то антипирен работает эффективно.

Из табл. 1 видно, что наиболее эффективными антипиренами являются аммонийные соли. Из солей щелочных металлов наиболее высокую ингибиционную способность имеют тетраборат натрия, карбонат и оксалат калия.

Карбонат аммония не воздействует на пламя, так как при распространении пламени по полоске бумаги на расстоянии несколько миллиметров впереди фронта пламени температура бумаги превышает температуру его разложения (58 °C), поэтому испарение карбоната аммония происходит еще до подхода фронта пламени.

У наиболее эффективных антипиренов, приведенных в верхней части табл. 1, температуры плавления или разложения довольно низкие. Высокие температуры плавления имеют только тетраборат натрия, карбонаты калия и натрия. Когда концентрация карбоната калия в водном растворе близка к предельной, происходит гетерогенное горение.

Водный раствор карбоната натрия при испарении с поверхности полоски бумаги, скорее всего, превращается в гидрат $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, который при

температуре 34,5 °C плавится в кристаллизационной воде, выделяя гидраты с меньшим содержанием воды [10]. Однако при этом связанная вода остается, и при нагревании, вероятно, выделяется еще какое-то ее количество, поэтому карбонат натрия обладает хорошими характеристиками. Аналогично работает тетраборат натрия, который имеет также большое количество связанной воды. Гидрат $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ плавится при 75 °C, затем вскучивается, теряя кристаллизационную структуру и переходя в стекловидную массу [10].

Действие антипиренов сказывается как на газовом горении, так и на конденсированной фазе. Образовавшийся на поверхности древесины кокс затрудняет ее горение. В нашем случае изучалось распространение пламени по полоске тонкой бумаги, поэтому образующийся на ее поверхности кокс в малой степени влиял на пламя. Вероятнее всего тушение происходило в газовой фазе.

На рис. 3 приведены термограммы потери массы аммонийных солей при нагревании их до температуры 1000 °C. Как известно, аммонийные соли при нагревании выделяют аммиак. Согласно [11] гидрофосфат аммония при нагревании разлагается на аммиак и фосфорные кислоты, а при температуре 130–140 °C образуется дигидрофосфат аммония и аммиак. Механизм разложения дигидрофосфата аммония и гидрофосфата аммония при температурах до 300 °C можно представить следующим образом:



В предположении, что весь аммиак переходит в газовую фазу до достижения температуры 350 °C,

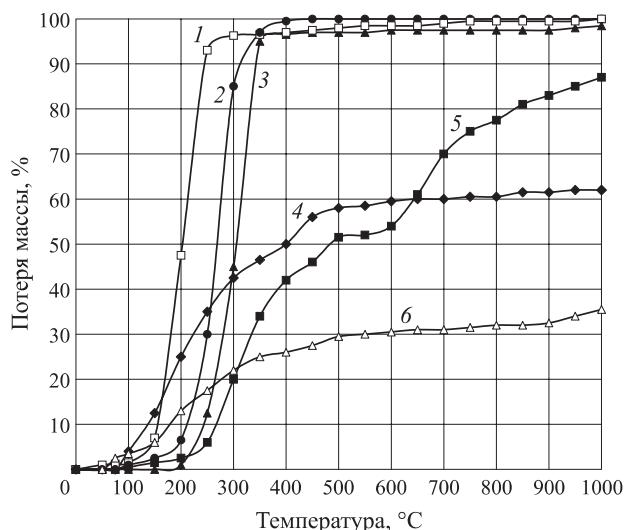


Рис. 3. Термограммы потери массы аммонийных солей при нагревании их до температуры 1000 °C: 1 — NH_4I ; 2 — NH_4Cl ; 3 — NH_4Br ; 4 — $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$; 5 — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 6 — $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$

Таблица 3. Количество молекул аммиака, испарившихся в газовую фазу, при нагревании до 350 °C из 1 мм³ пропитанной аммонийной солью бумаги

Смесь (концентрация, % масс.)	C_k , мг/см ³	Кол-во $\text{NH}_3 \cdot 10^{16}$	Наличие эффекта
(NH_4) ₂ HPO ₄ (100)	15	1,8	—
(NH_4) ₂ SO ₄ (100)	19	2,2	—
NH ₄ Br (100)	20	2,0	—
NH ₄ I (100)	20	1,0	—
NH ₄ H ₂ PO ₄ (100)	25	1,9	—
NH ₄ Cl (100)	33	12,0	—
(NH_4) ₂ HPO ₄ (50) + + NH ₄ I (50)	12	0,9	Синергизм
(NH_4) ₂ HPO ₄ (75) + + C ₃ H ₆ N ₆ (25)	12	1,01	To же
(NH_4) ₂ SO ₄ (50) + + (NH_4) ₂ HPO ₄ (50)	16	1,9	Аддитивность
NH ₄ Br (50) + + NH ₄ I (50)	16	1,0	Синергизм
(NH_4) ₂ HPO ₄ (50) + + NH ₄ Br (50)	16	1,7	Аддитивность
(NH_4) ₂ SO ₄ (33,3) + + (NH_4) ₂ HPO ₄ (33,3) + + NH ₄ I (33,3)	18	1,7	To же
(NH_4) ₂ HPO ₄ (20) + + NH ₄ I (80)	18	1,6	«
(NH_4) ₂ HPO ₄ (50) + + NH ₄ Cl (50)	19	3,5	«
NH ₄ H ₂ PO ₄ (50) + + NH ₄ Br (50)	19	1,7	«
(NH_4) ₂ SO ₄ (50) + + NH ₄ HPO ₄ (50)	22	2,8	«
(NH_4) ₂ SO ₄ (80) + + CO(NH) ₂ (20)	22	2,9	«
(NH_4) ₂ SO ₄ (45) + + NH ₄ HPO ₄ (55)	22	2,1	«
(NH_4) ₂ HPO ₄ (75) + + H ₃ PO ₄ (25)	24	2,4	Антагонизм
(NH_4) ₂ SO ₄ (50) + + NH ₄ Cl (50)	26	4,6	Аддитивность

были проведены расчеты по определению количества аммиака, испарившегося в газовую фазу, индивидуальных аммонийных солей при их предельной концентрации в растворе. Результаты расчетов приведены в табл. 3, из которой видно, что число молекул аммиака с учетом погрешностей измерения для приведенных веществ практически одинаково, за исключением хлорида и иодида аммония.

Иодид аммония до температуры 350 °C возгоняется практически полностью и, вероятно, диссоциирует, поэтому пламя ингибируется не только аммиаком, но и атомами иода, что приводит к уменьшению количества аммиака в предельной концентрации.

Большое количество аммиака в тушащей концентрации хлорида аммония обусловлено тем, что при температуре 338 °C он разлагается на аммиак и хлороводород, которые частично соединяются в газовой фазе обратно в хлорид аммония [10]. Кроме того, вполне вероятно, что образование большего количества HCl по сравнению с аммиаком (более чем в два раза) снижает ингибирующую способность последнего.

Следовательно, можно утверждать, что тушение пламени аммонийными солями происходит в газовой фазе и количества молекул аммиака от $1,8 \cdot 10^{16}$ до $2,2 \cdot 10^{16}$, выделяемого при нагревании до 350 °C из 1 мм³ бумаги в газовую фазу, достаточно, чтобы пламя не распространялось по бумаге.

Как известно, эффективность галогенсодержащих веществ одинакового строения снижается в такой последовательности: I > Br > Cl > F. Такая же последовательность наблюдается и в наших экспериментах.

Бромсодержащие вещества по сравнению с соответствующими соединениями хлора обладают лучшей ингибирующей способностью, что объясняется большей скоростью выделения бромоводорода в узком диапазоне температур и, как следствие, его высокой концентрацией в пламени, в то время как хлороводород выделяется постепенно и в широком интервале температур [12].

Таким образом, во избежание возгорания древесины нельзя допускать первоначального возгорания горючих летучих продуктов разложения. Для этого необходимо предотвратить нагрев древесины до температуры 250 °C либо, если это все же произошло, — ввести газовые ингибиторы. Анализ табл. 1 свидетельствует о том, что эффективно работающие ингибиторы имеют низкие температуры разложения, что приводит к образованию при таких температурах негорючих газов.

При высыхании введенных в дерево растворов смесей происходит совместная перекристаллизация солей и, вероятно, изменяется температура плавления смеси антиприренов, что может привести к неаддитивным процессам.

Как уже говорилось выше, прекращение горения бумаги обусловлено в первую очередь ингибированием газофазного горения, поэтому принципы неаддитивных процессов при этом должны проявляться и в наших экспериментах. Так, анализируя табл. 2, можно заметить, что аддитивность характерна для смесей, состоящих только из аммонийных солей или карбонатов щелочных металлов, а антагонизм проявляется в смесях аммонийных солей с солями щелочных металлов. Такая аналогия прослеживается при тушении газовых пламен порошковыми ингибиторами [8]. Смесь гидрокарбоната

натрия с дихроматом калия, так же как и для порошковых ингибиторов, дает синергетический эффект. Небольшие добавки пентаэритрита и гидрохинона к сульфату аммония также приводят к синергетическому эффекту. Как известно, то же самое наблюдается и у тетрабората натрия и борной кислоты.

Из табл. 3 видно, что для смесей, обладающих синергизмом, количество аммиака, выделяющегося при распространении пламени по полоске бумаги, меньше, чем для смесей, проявляющих антагонизм или аддитивность.

Широкое распространение получил пропиточный состав для поверхностной обработки древесины МС на основе гидрофосфата и сульфата аммония. Как следует из табл. 2, смесь этих солей обладает аддитивностью, но при этом увеличивается их предельная концентрация. Этот недостаток компенсируется тем, что этот состав по сравнению с гидрофосфатом аммония дешевле.

Синергизм зависит от соотношения в антиприренах азота и фосфора, что объясняется образованием в процессе термического разложения связей Р–N, облегчающих фосфорилирование и усиливающих действие антиприренов как катализаторов дегидратации. Для смеси ортофосфорная кислота – карбамид – дициандамид минимальная горючесть при фиксированной доле фосфора достигается при N/P = 5...8. Было установлено, что карбамид и меламин замедляют скорость горения, причем меламин, имеющий большую долю азота, несколько активнее в снижении горючести [13].

Анализируя рис. 2, можно заключить, что синергизм смеси иодида аммония и гидрофосфата аммония проявляется при увеличении концентрации гидрофосфата аммония с 30 до 90 %. При этом следует отметить, что оптимальный состав содержит равное количество компонентов.

Как известно, оксид сурьмы (III), не являясь антиприреном, усиливает действие других антиприренов в газовой фазе. Синергизм проявляется в смесях оксида сурьмы (III) с галогенами. Объясняется это тем, что при нагревании образуются галогениды сурьмы. Температура кипения $SbCl_3$ и $SbBr_3$ составляет соответственно 221 и 228 °C. В сочетании

с сурьмой огнезащитная способность бромсодержащих соединений выше, чем хлорсодержащих. Обычно сурьму и галоген используют в соотношении 1:3. Атомы металлов переменной валентности действуют в газовой фазе, являясь ловушками активных центров цепных реакций горения [13].

Установлено, что эффективность синергетического действия оксидов металлов убывает в такой последовательности: $SeO_2 > Sb_2O_3 > SnO_2 > ZnO > MoO_3$. Этот ряд совпадает с ростом энергии связи металла – кислород и металл – галоид [12].

Фосфор- и борсодержащие антиприрены способны предотвратить тление материалов после прекращения горения и уменьшить возможность их повторного возгорания, так как карбонизованный слой, содержащий фосфор, устойчив к длительному нагреванию.

Синергетическое действие фосфор- и галоидсодержащих антиприренов обусловлено усилением карбонизации и ингибираванием цепных процессов в пламени. Хлориды фосфора более летучи, чем соответствующие бромиды, и, следовательно, их эффективность значительно ниже [15].

Выводы

Эффективность антиприренов зависит от температуры плавления или разложения. Антиприрены, имеющие низкие температуры разложения, образуют при этих температурах негорючие газы и тем самым предотвращают распространение пламени.

Ингибиование горения пористых материалов в основном происходит в газовой фазе, куда поступают горючие газы при нагревании материалов, при этом карбонизованный слой увеличивается из-за недостатка кислорода, что также эффективно сдерживает горение.

Неаддитивные эффекты воздействия смесей солей аналогичны воздействию смесей ингибиторов на газовые пламена. Аддитивность наблюдается у смесей, состоящих только из аммонийных солей или карбонатов щелочных металлов; антагонизм проявляется в смесях аммонийных солей с солями щелочных металлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корольченко А. Я., Петрова Е. А. Современные средства огнезащиты древесины // Рос. хим. ж. — 2003. — Т. 47, № 4. — С. 49–54.
2. Балакин В. М., Полищук Е. Ю. Азотфосфорсодержащие антиприрены для древесины и древесных композиционных материалов (литературный обзор) // Пожаровзрывобезопасность. — 2008. — Т. 17, № 2. — С. 43–51.
3. Леонович А. А., Шалун Г. Б. Огнезащита древесных плит и слоистых пластиков. — М. : Лесная промышленность, 1974. — 128 с.
4. Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б. и др. Эффективность и механизм действия двух огнезащитных систем для древесины // Пожаровзрывобезопасность. — 2007. — Т. 16, № 5. — С. 23–30.

5. Таубкин С. И. Основы огнезащиты целлюлозных материалов. — М. : Изд-во Мин. ком. хоз. РСФСР, 1960. — 347 с.
6. Sato K., Suzuki K., Sakai Y. et al. Effects of flame retardant on the behavior and temperature profiles of flames spreading over paper // Fire Safety Science : Proceeding of the Fourth International Symposium, 1994. — Р. 503–514.
7. Анцупов Е. В., Десятков А. В., Федорова В. И. Снижение горючести пористых материалов // Вестник КазГУ. Сер. хим. — 2000. — № 3. — С 123–131.
8. Анцупов Е. В. Синергизм и антагонизм в смесях порошковых ингибиторов в пропановоздушных пламенах // Хим. физ. — 2010. — Т. 29, № 1. — С. 64–69.
9. Холм С., Калиониеми П. И. Изучение физико-механических свойств древесины при огневом воздействии // В сб. : Огнестойкость конструкций с применением металла, асбестоцемента, пластмасс, kleenой древесины и других эффективных материалов. — М. : Стройиздат, 1985. — С. 119–128.
10. Карякин Ю. В., Ангелов И. И. Чистые химические вещества. — М. : Химия, 1974. — 406 с.
11. Калниныш А. Я. и др. Консервирование и защита лесоматериалов : справочник. — М. : Лесная промышленность, 1971. — 421 с.
12. Воробьев В. А., Андрианов Р. А., Ушков В. А. Горючесть полимерных строительных материалов. — М. : Стройиздат, 1978. — 224 с.
13. Леонович А. А. Огнезащита древесины и древесных материалов. — СПб. : ЛТА, 1994. — 148 с.
14. Moos E. K., Skinner D. Y. Modified isocyanurate Foams. Part. 2 // J. Cel. Plast. — 1977. — Vol. 13, No. 4. — Р. 276–280.
15. Кодолов В. И. Горючесть и огнестойкость полимерных материалов. — М. : Химия, 1976. — 160 с.

Материал поступил в редакцию 11 июля 2011 г.
Электронные адреса авторов: antsupov07@rambler.ru; rsm@amik.ru.



Издательство «ПЖНАУКА»

ВНИМАНИЕ! Распространяется БЕСПЛАТНО!

**А. Я. Корольченко, О. Н. Корольченко
СРЕДСТВА ОГНЕ- и БИОЗАЩИТЫ
Изд. 3-е, перераб. и доп. — 2010. — 250 с.**



В третье издание внесены существенные изменения: включена глава, посвященная механизму огнебиозащиты древесины, расширена глава по анализу требований, содержащихся в нормативных документах по средствам огнезащиты, и их применению в практике строительства. Приведена информация ведущих производителей средств, предлагаемых на отечественном рынке для огнезащиты: древесины (пропитки, лаки и краски), несущих металлических конструкций (средства для конструктивной огнезащиты, огнезащитные штукатурки, вслучивающиеся покрытия), воздуховодов, кабелей и кабельных проходок, ковровых покрытий и тканей. Представлены также биозащитные составы для древесины.

Информация о средствах огне- и биозащиты включает данные о рекомендуемых областях их применения, эффективности, технологии нанесения, организациях-производителях.

Издание предназначено для работников проектных организаций, специалистов в области огне- и биозащиты и пожарной безопасности.

121352, г. Москва, а/я 43; тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: mail@firepress.ru



Н. А. Халтуринский
д-р хим. наук, профессор,
главный научный сотрудник Института
химической физики им. Н. Н. Семенова РАН
(ИХФ РАН), г. Москва, Россия



В. Г. Крупкин
д-р физ.-мат. наук, ведущий научный
сотрудник Института химической физики
им. Н. Н. Семенова РАН (ИХФ РАН),
г. Москва, Россия

УДК 699.81

О МЕХАНИЗМЕ ОБРАЗОВАНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ВСПУЧИВАЮЩИХСЯ ПОКРЫТИЙ

Рассмотрены функции основных составляющих вспучивающихся покрытий, их взаимодействие при высокотемпературном пиролизе, образование вспененного слоя, необходимого для надежной теплоизоляции защищаемой поверхности.

Ключевые слова: вспучивающиеся покрытия; огнезащита.

В связи с большим количеством пожаров в настоящее время во всем мире наблюдается повышенный интерес к созданию огнезащитных покрытий и красок для деревянных и металлических конструкций. Используемые для этого исходные компоненты можно разделить на четыре группы [1]:

- а) полиолы — органические гидроксилсодержащие соединения с большим содержанием углерода;
- б) неорганические кислоты или вещества, выделяющие кислоту при температурах 100–250 °C;
- в) органические амины или амиды;
- г) галогенсодержащие соединения.

Среди полиолов наибольшее распространение в пеногенных системах получили крахмал, декстрин, полифункциональные спирты, в частности моно-, ди- и трипентаэритрит, а также сорбит, резорцин, триметилолмеламин, триэтиленгликоль, фенолоформальдегиды. Другими гидроксилсодержащими компонентами могут быть некоторые масла, целлюлоза, протеины, маннит, жидкые полиолы с линейной цепью C₂–C₅ и соединения более сложной структуры.

К типичным кислотным ингредиентам следует отнести фосфорную кислоту, ее эфиры и соли, например соли аммония, аминов и амидов, прежде всего меламинфосфат и полифосфат аммония. Распространенными кислотными составляющими являются также соли серной и борной кислот, в том числе дисульфат н-нитроанилина, сульфат аммония, бораты щелочных металлов.

В качестве вспучивающих агентов используются такие органические амины и амиды, как мочевина, бутилмочевина, дициандиамид, меламин и его производные, казеин, уротропин, гуанидин, сульфа-

миды, полиамидные и аминоформальдегидные олигомеры и т. д.

В работе рассмотрены функции основных составляющих вспучивающихся покрытий, их взаимодействие при высокотемпературном пиролизе и образование вспененного слоя, необходимого для надежной теплоизоляции защищаемой поверхности.

Источники образования углеродного каркаса

Первое условие формирования карбонизированной вспененной массы при контакте покрытия с источником воспламенения — наличие компонента, обуславливающего образование углеродного каркаса. Этую важную функцию (помимо полимерных пленкообразователей) выполняют полиолы, эффективность действия которых связывают с соотношением между числом гидроксильных групп в их молекулах и содержанием в них углерода. Последнее определяет массу образующегося карбонизованного остатка, содержание же гидроксильных групп — скорость дегидратации и, следовательно, скорость коксообразования. Впрочем, отметим, что основными катализаторами процесса карбонизации выступают кислотные компоненты покрытий, являющиеся дегидратирующими агентами.

На основании изучения влияния температуры на физические характеристики указанных композиций некоторые исследователи приходят к выводу, что процессы их карбонизации начинаются с перестройки фосфата, сопровождаются этерификацией полиола и приводят к образованию твердого углеродно-фосфорного геля при температурах примерно 360–430 °C.

Пенообразователи

Очевидно, что для формирования вспененного карбонизированного слоя при отклике вспучивающихся покрытий на высокотемпературное воздействие их пленки должны содержать пенообразователь. Эту роль обычно играют упомянутые ранее органические амины и амиды, выделяющие в условиях высоких температур негорючие газы (CO_2 , N_2 , NH_3 и др.) и вспенивающие систему. Кроме того, они часто выступают как дегидратирующие агенты, снижая температуру реакции, когда в качестве неорганических добавок в композициях используются фосфаты или сульфаты. Действительно, экспериментально установлено, что чем раньше в процессе термических превращений происходит фосфорилирование полиола, тем больше вероятность полного превращения присутствующего в нем углерода в кокс. Вспенивающими агентами пеногенных покрытий могут быть азобисизобутиронитрил, неорганические и органические соли, разлагающиеся при температурах выше 150 °C с выделением газообразных продуктов, в том числе дикарбонаты щелочных металлов, карбонаты кальция и аммония, карбонат и силикат гуанидина.

Условия процесса пенообразования

Более детально остановимся на процессе пенообразования и на критериях выбора основных компонентов для его реализации. Очевидно, что устойчивое вспенивание пеногенных покрытий предполагает выделение газов после расплавления массы пленки, но перед началом ее затвердевания, т. е. до образования карбонизированного слоя. В связи с этим при составлении композиций компоненты, в частности вспенивающие агенты, подбираются с определенными температурами плавления и деструкции (табл. 1) с таким расчетом, чтобы они реагировали в заданной последовательности, реализуя условия для целенаправленных превращений покрытий при воздействии пламени.

Пигменты и наполнители

При составлении рецептур пеногенных композиций необходимо тщательно подбирать и другие

их ингредиенты, в том числе пигменты и наполнители. Установлено, например, что многие щелочные компоненты весьма существенно уменьшают высоту вспенивания, поэтому их следует избегать. Напротив, традиционный диоксид титана в большинстве вспучивающихся систем инертен и может быть рекомендован как базовый пигмент.

Пленкообразователи

Важным условием длительного сохранения кондиций пеногенных покрытий является термопластичность основного пленкообразователя в течение эксплуатации покрытия. Поэтому большинство вспучивающихся композиций основано на дисперсии поливинилацетатной гомополимерной грубодисперсной (ПВАД), сополимерах винилацетата или других водно-дисперсионных связующих.

Достаточное распространение получили и композиции растворного типа, которые, наряду с хорошим огнезащитным эффектом, характеризуются удовлетворительными адгезией и водостойкостью, хотя далеко не всегда технологичны при нанесении.

Важным вопросом является изучение механизма формирования огнезащитного пенококсового слоя, его теплофизических и физико-механических характеристик и их стабильности при воздействии пламени. На рис. 1 приведена упрощенная схема образования пенококсного огнезащитного покрытия.

Стадии образования огнезащитного пенококсового покрытия включают:

- эндотермические реакции полиола с полифосфатом аммония;
- вспенивание карбонизированного расплава;
- образование жесткого пенококса с физико-механическими характеристиками, достаточными для сохранения структуры пены при воздействии мощных аэродинамических потоков пламени.

Под воздействием теплового потока от пламени на поверхность тонкого слоя огнезащитной краски происходит прогрев слоя, толщина которого зависит от мощности теплового потока и может составлять доли миллиметра. В прогретом слое идет эндотермическая реакция полиола с полифосфатом в

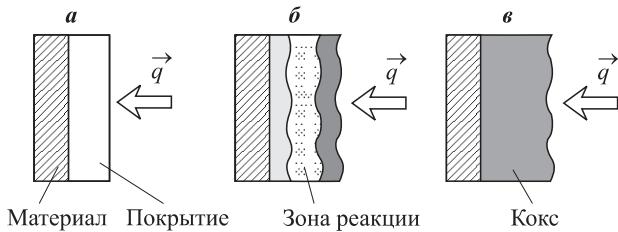


Рис. 1. Стадии образования пенококсного покрытия: а — исходная пластина, покрытая слоем огнезащитной краски; б — процесс образования пенококса; в — конечное состояние после полной деструкции покрытия

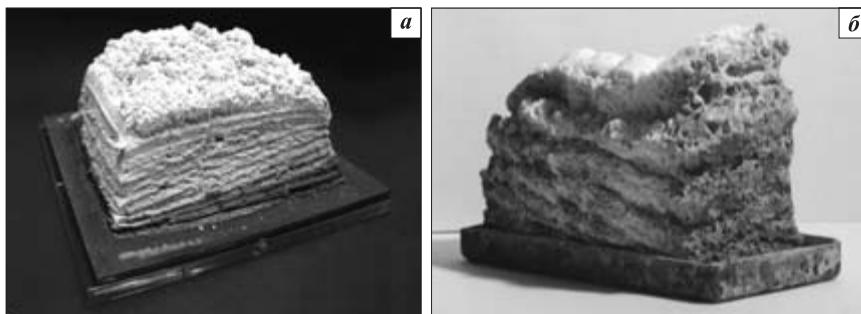


Рис. 2. Вид пенококса, образующегося под воздействием пламени на металлической поверхности, защищенной слоем (начальная толщина ~1 мм, толщина пены ~10 см) огнезащитной краски: а — фирмы “Clariant” [3]; б — в данной работе

“кипящем” слое [2]. Образуется углеродистая масса, которая всепенивается и упрочняется под действием теплового потока от пламени. В результате тепловой поток на поверхность непрореагировавшего слоя краски (покрытия) уменьшается и реакция прекращается. Следующая стадия связана с прогревом уже образовавшегося пенококса до восстановления условий, при которых вновь прогретый слой краски начинает реагировать на воздействие теплового потока, и все повторяется до тех пор, пока весь слой краски не будет выработан. Количество “слоев” пенококса, образующихся под воздействием пламени, зависит от условий нагрева и начальной толщины слоя краски.

Подтверждением этому служит работа [3], в которой четко прослеживается послойное всучивание (рис. 2, а). Такое же послойное всучивание мы наблюдали и в наших опытах (рис. 2, б). При сравнении фотографий на рис. 2 видно, что в различных системах образуется разное количество слоев пенококса с различными характеристиками, однако идея послойного образования огнезащитного всепененного покрытия сохраняется. Эта гипотеза положена в основу разработки математической модели расчета эффективности огнезащитных красок и покрытий.

В результате проведенных нами исследований с учетом данных [4–15] были разработаны огнезащитные всучивающиеся краски KHNA, которые включают:

Связующее	Axilat AV 498
Растворитель	Вода (или сольвент)
Источник кислоты	Antiflame APP 1
Источник углерода	Microlon 93
Вспенивающий агент	Меламин
Пигмент	Диоксид титана TR 92
Диспергатор	Dispex A40
Пластификатор	Дибутилфталат
Тиксотропный агент	Cellosize QH 100000
Консервант	Preventol D7

На рис. 3 представлена зависимость температуры на тыльной стороне пластины от времени ее на-

грева в условиях, моделирующих пожар. На первой стадии происходит медленное повышение температуры защищаемой поверхности, что связано с эндотермическими реакциями в системе. На второй стадии наблюдается более резкий подъем температуры подложки, поскольку в силу завершения эндотермических реакций рост температуры на этой стадии связан с прогревом образовавшегося пенококсового слоя. Наличие пологого участка на графике определяется эндотермическим эффектом и толщиной начального слоя.

Приведенные на рис. 3 результаты показывают, что разработанная нами огнезащитная краска KHNA более эффективно защищает металлические конструкции при пожаре, чем Nullifire S-607.

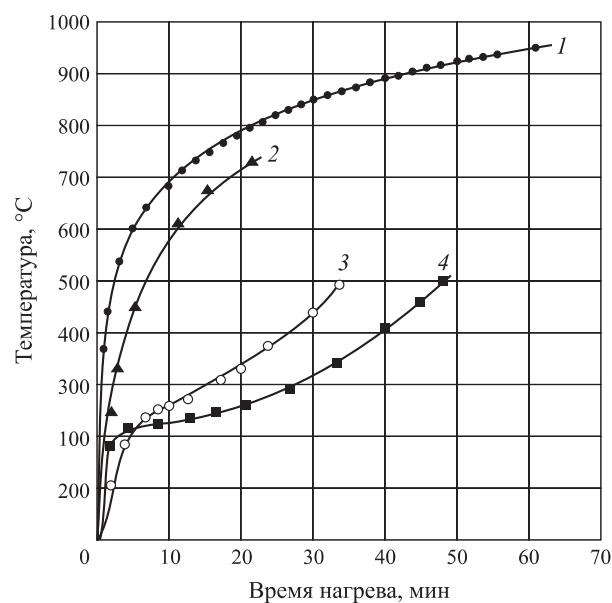


Рис. 3. Зависимость температуры на тыльной стороне металлической пластины от времени нагрева в условиях, моделирующих пожар: 1 — “пожарная кривая”; 2 — температура на тыльной стороне незащищенной пластины размером 140×80×1 мм; 3 — температура на тыльной стороне той же пластины, защищенной слоем краски Nullifire S-607 толщиной 1,08 мм; 4 — то же, слоем краски KHNA толщиной 0,9 мм

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Машляковский Л. Н., Лыков А. Д., Репкин В. Ю.* Органические покрытия пониженной горючести. — Л. : Химия, 1989.
2. *Khaturinskij N., Berlin Al.* High Temperature Pyrolysis Polymers, Degradation and Stabilization of Polymers // H. Jellinek (ed.). — New York : Elsevier, 1983.
3. *Rudiger Walz, Volker Thewes.* Pigments & Additives Division, Clariant GmbH, Germany, October 1, 2004.
4. *Reshetnikov I., Antonov A., Rudakova T., Khaturinskij N.* Some aspects of intumescent fire retardant systems // Polym. Degrad. Stab. — 1996. — Vol. 54, No. 2–3. — P. 137.
5. *Решетников И. С., Халтуринский Н. А.* О моделировании горения коксообразующих полимерных систем // Химическая физика. — 1997. — Т. 16, № 3. — С. 102.
6. *Решетников И. С., Халтуринский Н. А.* Некоторые особенности теплопереноса в пенококсах, образующихся при горении // Хим. физика. — 1997. — Т. 16, № 10. — С. 104–108.
7. *Reshetnikov I. S., Khaturinskij N. A.* Three-dimensional model of heat transfer in foamed chars // Advances in Computational Heat Transfer : Intern. Symp. — Izmir : Cesme, 1997. — P. 334.
8. *Яблокова М. Ю., Решетников И. С., Халтуринский Н. А.* Полимерные смеси — путь к созданию композиций с регулируемыми свойствами для огнезащитных покрытий // Фундаментальные проблемы науки о полимерах : междунар. конф. — М., 1997. — С. 2.
9. *Reshetnikov I. S., Yablokova M. Yu., Khaturinskij N. A.* Influence of surface structure on thermoprotection properties of intumescent systems // Appl. Surf. Sci. — 1997. — Vol. 115. — P. 199.
10. *Гнедин Е. В., Козлова Н. В. и др.* Строение пенококсов, образующихся при пиролизе и горении полимеров, содержащих вспучивающие системы антиприренов // Высокомолекулярные соединения. Сер. А. — 1991. — Т. 33, № 7. — С. 1568.
11. *Gnedin E. V., Novikov S. N., Khaturinskij N. A.* Chemical and physical properties of foamed cokes and their effect on inflammability // Makromol. Chem. : Macromol. Symp. — 1993. — Vol. 74. — P. 329.
12. *Reshetnikov I. S., Yablokova M. Yu., Khaturinskij N. A.* Intumescent chars // Fire Retardancy of Polymers. The Use of Intumescence : The Royal Society of Chemistry, 1998. — P. 88.
13. *Berlin Al. Al., Khaturinskij N. A., Reshetnikov I. S., Yablokova M. Yu.* Some aspects of mechanical stability of intumescent chars, ib. — P. 104.
14. *Reshetnikov I. S., Yablokova M. Yu., Khaturinskij N. A.* Special features of bubble formation during intumescent systems burning, ib. — P. 140.
15. *Reshetnikov I. S., Khalyrinskij N. A.* The role of radiation over intumescent systems burning, ib. — P. 152.

Материал поступил в редакцию 20 июля 2011 г.
 Электронные адреса авторов: khalt@chph.ras.ru;
 krupkin@chph.ras.ru.



А. А. Таранцев

д-р техн. наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, профессор Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС РФ, г. Санкт-Петербург, Россия

УДК 614.841

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ НАХОЖДЕНИЯ ПАРЕТО-ОПТИМАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ В ЗАДАЧАХ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ВЫБОРА

Рассмотрены вопросы применения метода В. Парето при решении задач многопараметрического выбора вариантов с учетом различной значимости параметров.

Ключевые слова: многопараметрическая оптимизация; выбор вариантов.

Введение

Многие задачи выбора вариантов объектов одного класса (например, пожарной техники, систем противопожарной защиты или т. п.) решаются с использованием метода, предложенного В. Парето* и Ф. Эджвортом** [1]. При этом предполагается, что рассматриваемый класс объектов характеризуется несколькими параметрами $\{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n\}$ (n — число параметров), не свертывающимися к единому аддитивному или мультипликативному виду [2] и имеющими количественное выражение. Причем желательно, чтобы одни параметры были как можно большими (например, *быстродействие, срок службы*), а другие — напротив, как можно меньшими (например, *массогабаритные характеристики, стоимость*). Требуется из выборки из N объектов данного класса отобрать объекты, у которых параметры, подлежащие увеличению, были бы как можно большими, а подлежащие уменьшению — как можно меньшими. Другими словами, нужно разделить исходное N -мерное множество объектов на два подмножества — *приемлемое* и *неприемлемое* (те объекты, у которых показатели по условиям максимизации/минимизации не лучше, чем у других, образуют неприемлемое подмножество, остальные объекты — приемлемое подмножество, которое в геометрическом представлении является n -мерной

гиперграницей на общем множестве). Объекты, попавшие в неприемлемое подмножество, исключаются из рассмотрения, а объекты приемлемого подмножества считаются *парето-оптимальными*, или равноценными. В дальнейшем из объектов этого подмножества выбирается окончательный вариант, исходя, например, из статуса фирмы-изготовителя, дизайна или других соображений, что в данной работе не рассматривается.

В классическом случае при двух параметрах ($n = 2$), например *цена — качество*, задача оптимизации по Парето решается графически: приемлемое множество образуют объекты, лежащие на правой нижней границе [2, с. 24, рис. 1.1], поскольку первый показатель подлежит снижению, а второй — увеличению. При трех и более параметрах требуется привлечение компьютерных методов. В частности, автором разработана программа *pareto.exe*, способная анализировать список более чем из тысячи объектов с учетом 15 параметров (больше пока не требовалось).

Проблема

При решении стандартной задачи оптимизации по Парето графическими или численными методами по умолчанию предполагалось, что все параметры $\{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n\}$ равнозначимы, т. е. их значимость (вес) равна единице: $w_1 = w_2 = \dots = w_n = 1$. В случае если какой-либо параметр был незначимым, его вес приравнивался 0 и этот параметр изымался из рассмотрения, а величина n уменьшалась на 1.

Такой подход представляется весьма упрощенным, поскольку значимость параметров может быть неодинакова, хотя их все нужно учитывать при вы-

* Вильфредо Парето (V. Pareto, 1848–1923) — итальянский экономист и социолог. Ввел понятие «оптимум Парето» для многопараметрического случая.

** Френсис Эджворт (F. Edgeworth, 1845–1926) — английский экономист. Еще до В. Парето ввел понятие “кривая безразличия” для двухпараметрического случая.

боре вариантов. С математической точки зрения это может быть учтено через веса $\{w_j\}$: чем параметр более значим, тем его вес ближе к 1, а чем менее значим — ближе к 0. Такое шкалирование может быть осуществлено экспертными методами [3].

Целью данной работы является рассмотрение подхода, позволяющего при выборе парето-оптимальных вариантов учесть значимость параметров $\{\pi_j\}$ через их веса $\{w_j\}$.

Подход к учету значимости параметров

Подход к учету значимости параметров при выборе парето-оптимальных вариантов из N -мерного исходного множества целесообразно изложить в виде следующего порядка действий:

- Формируется матрица исходных данных Π , содержащая N строк (по числу объектов) и n столбцов (по числу параметров), а также n -мерный вектор W , содержащий веса $\{w_j\}$ параметров. При этом хотя бы один параметр является полностью значимым. Для простоты положим, что это — π_1 , тогда $w_1 = 1$.

- На основе матрицы Π формируется рабочая матрица X (N строк, n столбцов), каждый элемент x_{ji} которой обладает следующими свойствами: а) не имеет размерности; б) положительный ($x_{ji} > 0$); в) объект (вариант) считается тем приемлемей, чем больше величина j -го показателя. При этом элементы $\{x_{ji}\}$ матрицы X могут быть связаны с элементами $\{\pi_j\}$ исходной матрицы Π соотношениями:

$$x_{ji} = [0, 5(1 - K_j)\pi_{j\max} - 0, 5(1 + K_j)\pi_{j\min} + K_j\pi_{ji}] \times \\ \times (\pi_{j\max} - \pi_{j\min})^{-1} + a, \quad j = 1, \dots, n; \quad i = 1, \dots, N, \quad (1)$$

где $\pi_{j\max}$, $\pi_{j\min}$ — наибольшее и наименьшее значения j -го параметра по выборке из N объектов; a — положительная величина (предпочтительно, $a = 0,5$);

$K_j = +1$, если параметр π_j подлежит увеличению, $K_j = -1$ — уменьшению.

Например, выражение (1) принимает вид:

- при $K_j = +1$:

$$x_{ji} = (\pi_{ji} - \pi_{j\min})(\pi_{j\max} - \pi_{j\min})^{-1} + 0,5; \quad (2)$$

- при $K_j = -1$:

$$x_{ji} = (\pi_{j\max} - \pi_{ji})(\pi_{j\max} - \pi_{j\min})^{-1} + 0,5. \quad (3)$$

При этом значения элементов $\{x_{ji}\}$ будут лежать в пределах от 0,5 до 1,5, а расстояние между их наибольшими и наименьшими значениями будет равно 1.

3. С учетом весов $\{w_j\}$ параметров на основе матрицы X формируется матрица X^* , элементы которой $\{x_{ji}^*\}$ связаны с элементами $\{x_{ji}\}$ матрицы X соотношениями:

$$x_{ji}^* = x_{1i}(x_{ji}/x_{1i})^{w_j}, \quad j = 2, \dots, n; \quad i = 1, \dots, N. \quad (4)$$

4. Из матрицы X^* парето-оптимальные варианты отбираются известным методом [1], в частности с использованием программы *pareto.exe*.

Пример расчета

Для наглядности рассмотрим изложенный подход на примере. В Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России проводилась большая научно-исследовательская работа по обеспечению пожарной безопасности в сельских населенных пунктах (НП) Ленинградской обл. В ее рамках решалась проблема определения рациональных мест дислокации дополнительных пожарных частей (ПЧ) при выделении соответствующего финансирования. Для этого было введено понятие *пожароуязвимости* НП. По районам составлялись перечни НП, в которых отсутствовала своя пожарная охрана, а время прибытия караула из ближайшей ПЧ превышало 20 мин [4]. В данном примере будем считать, что пожароуязвимость НП определялась тремя ($n = 3$) параметрами: удаленностью от ближайшей ПЧ (π_1), числом жителей (π_2) и количеством пожаров (π_3) за определенный период времени (в ходе НИР учитывалось большее число параметров). Так, для одного из районов области в перечень вошло 120 пожароуязвимых НП ($N = 120$) и была образована матрица Π , содержащая 120 строк и 3 столбца.

Для принятия решения об оборудовании дополнительных ПЧ потребовалось из этого перечня (мат-

Таблица 1. Наиболее пожароуязвимые НП, отобранные из общего перечня при полной значимости каждого параметра ($w_1 = w_2 = w_3 = 1$)

№ п/п	Наименование НП	π_1 , км	π_2 , чел.	π_3
1	Г. п. Советский	25	7100	5
2	Пос. Каменка	37	4934	6
3	Пос. Залесье	72	0	0
4	Пос. Барышево	66	327	3
5	Пос. Житково	56	987	0
6	Пос. Кирпичное	42	1260	3
7	Пос. Кондратьево	48	1009	7
8	Пос. Торфяновка	64	291	4
9	Пос. Коробицыно	45	1250	2
10	Пос. Красносельское	42	1130	6
11	Пос. Зайцево	49	406	3
12	Пос. Поляны	27	1427	7

П р и м е ч а н и я : 1. Жирным шрифтом выделены предельные значения.

2. Реальные значения параметров могут отличаться от табличных.

3. Хотя в пос. Залесье (поз. 3) не зарегистрировано жителей, это не исключает возможности оборудования в нем ПЧ.

рицы II) выбрать наиболее пожароуязвимые НП. Это было осуществлено методом оптимизации по Парето с использованием компьютерной программы *pareto.exe*. В результате перечень сократился на порядок — до 12 НП. Наиболее пожароуязвимые НП, являющиеся также равноуязвимыми по Парето (термин “оптимальные” здесь не вполне уместен), приведены в табл. 1. При этом предполагалось, что все три параметра одинаково значимы, т. е. $w_1 = w_2 = w_3 = 1$.

Тем не менее для большей объективности представляется необходимым оценить, насколько изменится перечень наиболее пожароуязвимых НП при варьировании значимости параметров π_2 и π_3 , тогда как показатель π_1 , определяющий время прибытия первого пожарного караула [4], остается самым важным.

Для этого по табл. 1 была сформирована новая матрица Π :

$$\Pi = \begin{pmatrix} 25 & 7100 & 5 \\ 37 & 4934 & 6 \\ 72 & 0 & 0 \\ 66 & 327 & 3 \\ 56 & 987 & 0 \\ 42 & 1260 & 3 \\ 48 & 1009 & 7 \\ 64 & 291 & 4 \\ 45 & 1250 & 2 \\ 42 & 1130 & 6 \\ 49 & 406 & 3 \\ 27 & 1427 & 7 \end{pmatrix}.$$

Поскольку чем больше любой из параметров π_1 , π_2 , π_3 , тем выше пожароуязвимость НП, полагаем $K_1 = K_2 = K_3 = 1$. Учитывая, что $\pi_{1\min} = 25$, $\pi_{1\max} = 72$, $\pi_{2\min} = 0$, $\pi_{2\max} = 7100$, $\pi_{3\min} = 0$, $\pi_{3\max} = 7$, и используя выражение (2), получаем матрицу X :

$$X = \begin{pmatrix} 0,500 & 1,500 & 1,214 \\ 0,755 & 1,195 & 1,357 \\ 1,500 & 0,500 & 0,500 \\ 1,372 & 0,546 & 0,929 \\ 1,160 & 0,639 & 0,500 \\ 0,862 & 0,677 & 0,929 \\ 0,989 & 0,642 & 1,500 \\ 1,320 & 0,541 & 1,071 \\ 0,926 & 0,676 & 0,786 \\ 0,862 & 0,659 & 1,357 \\ 1,011 & 0,557 & 0,929 \\ 0,543 & 0,701 & 1,500 \end{pmatrix}.$$

Затем, изменения веса w_2 и w_3 , с использованием выражения (4) получаем набор матриц X^* и при помощи программы *pareto.exe* находим парето-равноценные наиболее пожароуязвимые НП (табл. 2).

Например, если $w_2 = w_3 = 0,5$, то число возможных вариантов размещения дополнительной ПЧ снизится вдвое (это пос. Каменка, Залесье, Барышево, Житково, Кондратьево и Торфяновка), что облегчит принятие решения. Следует обратить внимание, что второй параметр более значим по сравнению с третьим: если из рассмотрения убрать второй параметр ($w_1 = 1$; $w_2 = 0$; $w_3 = 1$), то число

Таблица 2. Результаты определения наиболее пожароуязвимых НП при ограниченной значимости параметров π_2 и π_3 ($w_1 = 1$, $w_2 < 1$, $w_3 < 1$)

w_3	Вес w_2										
	1,0	0,95	0,9	0,8	0,7	0,65	0,6–0,5	0,45	0,4	0,3	0,2–0
1,0–0,8	12 1–12		11 1–10, 12	9 1–9		8 1–5, 7–9	6 2–5, 7, 8	5 2–4, 7, 8			4 3, 4, 7, 8
0,7	11 1–11		10 1–10								
0,6											
0,5											
0,4											
0,3					8 1–8	7 1–5, 7, 8					
0,2		10 1–5, 7–11	9 1–5, 7–10	8 1–5, 7–9							
0,15	9 1–7, 9, 10	8 1–5, 7, 9, 10		7 1–5, 7, 9	6 1–5, 7		4 2–5	3 2–4	2 3, 4		
0,1–0	8 1–7, 9	6 1–5, 9				5 1–5		2 2, 3	1 3		

П р и м е ч а н и е . Над чертой жирным шрифтом указано количество отобранных парето-равноценных вариантов, под чертой — номера НП согласно табл. 1.

парето-равноценных вариантов уменьшится до четырех, а если третий ($w_1 = w_2 = 1; w_3 = 0$) — только до восьми.

В заключение нужно отметить, что подход к выбору возможных НП для размещения дополнительных ПЧ на основе метода В. Парето не противоречит требованиям Федерального закона № 123-ФЗ [4] и СП 11.13130.2009 [5], поскольку исходит из

экономических возможностей региона и стратегии поэтапного наращивания числа ПЧ.

Вывод

Таким образом, показана возможность расширения возможностей применения метода многопараметрического выбора вариантов по В. Парето путем учета значимости параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ногин В. Д. Принятие решений в многокритериальной среде. Количественный подход. — М. : Физматлит, 2002.
2. Вентцель Е. С. Исследование операций. — М. : Сов. радио, 1972.
3. Жигилей В. С. Основы теории планирования многофакторных испытаний : учебное пособие. — Л. : ВИКИ им. А. Ф. Можайского, 1982.
4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 : принят Гос. Думой 04.07.2008 : одобр. Советом Федерации 11.07.2008 // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 ; Российская газета. — 2008. — № 163.
5. СП 11.13130.2009. Места дислокации подразделений пожарной охраны. Методика и порядок определения : введ. 01.05.2009 : утв. приказом МЧС России 25.03.2009 № 181. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.

Материал поступил в редакцию 12 августа 2011 г.

Электронный адрес автора: t_54@mail.ru.



Издательство «ПЖНАУКА»

Представляет книгу

ОГНЕТУШИТЕЛИ. УСТРОЙСТВО. ВЫБОР. ПРИМЕНЕНИЕ Д. А. Корольченко, В. Ю. Громовой



В учебном пособии приведены классификация огнетушителей и конструкции основных их типов, средства тушения, используемые для зарядки огнетушителей, виды огнетушителей и правила их применения для ликвидации загораний различных веществ, рекомендации по расчету необходимого количества огнетушителей для разных объектов, по их размещению, хранению и техническому обслуживанию.

Рекомендации, содержащиеся в книге, разработаны на основе современных нормативных документов, регламентирующих конструкцию, условия применения, правила эксплуатации и техническому обслуживанию огнетушителей.

Учебное пособие рассчитано на широкий круг читателей: инженерно-технических работников предприятий и организаций, ответственных за оснащение объектов огнетушителями, поддержание их в работоспособном состоянии и своевременную перезарядку; преподавателей курсов пожарно-технического минимума и дисциплины "Основы безопасности жизнедеятельности" в средних и высших учебных заведениях; частных лиц, выбирающих огнетушитель для обеспечения безопасности квартиры, дачи или автомобиля.

121352, г. Москва, а/я 43; тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: mail@firepress.ru



М. М. Любимов
д-р техн. наук, профессор,
президент Международной
ассоциации "Системсервис"

К 85-ЛЕТИЮ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ И ОХРАНЫ ОБЪЕКТОВ

*Пламя не может стереть человеческую память:
ему подвластно лишь материальное. Всегда будет
жива в наших сердцах благодарность тем, кто
внес неоценимый вклад в развитие отечественной
техники противопожарной и охранной защиты.*

С реальной угрозой пожаров человечество сталкивалось на протяжении всей своей истории. Борьба с огненной стихией отнимает много сил и средств, но несмотря ни на что часто заканчивается поражением, нанося значительный ущерб природным богатствам государства, основным фондам, людским ресурсам. Пожарное дело всегда было, есть и будет делом государственной значимости. И в связи с этим большое внимание уделяется вопросам проведения эффективной технической политики в области предотвращения и тушения пожаров.

В начале прошлого века вплоть до 1926 г. пожароопасные объекты на территории России оснащались оборудованием для тушения пожаров зарубежного производства. В основном это были автоматические спринклерные установки английской компании "Маттер и Плат" и польской "Рудзский и Ко".

Основа для выпуска российской техники данного профиля была заложена в 20-е годы созданием в Москве Акционерного общества "Спринклер". В уставе общества, утвержденном постановлением Экономического Совета РСФСР 29 октября 1926 г. (протокол № 77), значилось, что оно "...учреждается для производства и установки автоматически действующих огнетушителей (спринклеров), автоматической пожарной сигнализации и другого противопожарного оборудования". Учредителями родоначальника отечественной противопожарной автоматики стали Народный комиссариат внутренних дел РСФСР, Акционерное общество "Всесоюзное заготовительное объединение коммунальных хозяйств" (ВЗОК), Государственный трест ленинградских заводов массового производства (Тремасс). В состав АО "Спринклер" входили чугунолитейный и механический заводы, проектный и монтажно-наладочный отделы.

В дальнейшем последовал ряд реорганизаций, в результате которых в 1938 г. на базе АО "Спринклер" были образованы две структуры: Проектно-монтажная и Эксплуатационно-техническая конторы противопожарной автоматики. В 1940 г. произошло их слияние, а в 1964 г. — преобразование во Всесоюзный проектно-монтажный трест противопожарной автоматики (ВПМТ ППА). Более подробно эти этапы реорганизации представлены в таблице.

В ходе развития производства отечественной продукции и совершенствования организационной структуры отрасли в Министерстве приборостроения, средств автоматизации и систем управления (Минприбор СССР) в 1970 г. было создано в соответствии с постановлением Совета Министров СССР Всесоюзное государственное промышленное хорасчетное объединение по проектированию, монтажу и наладке автоматизированных систем управления противопожарной автоматики и охранной сигнализации "Союзспецавтоматика" (Главспецавтоматика) Минприбора СССР. С этого времени началось быстрое развитие отрасли.

В период с 1964 по 1980 гг. формировались основные отраслевые структуры: были созданы специализированные монтажно-наладочные управления (СМНУ) во всех краевых и областных центрах, а также в союзных республиках; открыты специализированные проектно-конструкторские институты в Москве, Ленинграде, Новосибирске, Ростове-на-Дону, Калинине, Душанбе, Киеве с филиалами в Хабаровске, Фрунзе, Ереване, Иванове, Пятигорске, Минске. Одновременно вводились в действие заводы по выпуску приборной продукции в Москве, Одессе, Ростове-на-Дону, Минске, Бийске, Душанбе, Обнинске, Прилуках и других городах.

Потребность в продукции отрасли интенсивно росла, и в соответствии со спросом увеличивались

История развития противопожарной автоматики и охранной сигнализации в России

Период	Наименование	История
До 1917 г.	Английская фирма “Маттер и Плат”, польская фирма “Рудзский и Ко”	До Великой Октябрьской социалистической революции в России работы по противопожарной автоматике выполняли английская фирма “Маттер и Плат” и польская фирма “Рудзский и Ко”
1926–1931 гг.	Акционерное общество “Спринклер”	Государственная организация, устав которой утвержден 27.10.1926 г. Экономическим советом РСФСР
1931–1938 гг.	Трест “Спринклер”	Постановлением Экономического Совета РСФСР № 194 от 06.06.1931 г. акционерное общество “Спринклер” реорганизовано в трест “Спринклер” с проектными и монтажными отделами
1938–1940 гг.	Проектно-монтажная контора ППА, эксплуатационно-техническая контора ППА	Приказом по Народному комиссариату машиностроения от 07.09.1938 г. № 712 трест “Спринклер” был ликвидирован, а на его базе были созданы две хозрасчетные организации — проектно-монтажная контора противопожарной автоматики (ППА) и эксплуатационно-техническая контора ППА
1940–1949 гг.	Государственная проектно-монтажная и эксплуатационно-техническая контора	Приказом от 16.05.1940 г. № 190 по Народному комиссариату общего машиностроения СССР проведено слияние проектно-монтажной конторы с эксплуатационно-технической конторой. Организация стала называться “Государственная проектно-монтажная и эксплуатационно-техническая контора” треста по производству противопожарного оборудования
1949–1954 гг.	Московский завод противопожарной автоматики с проектно-монтажным бюро	Решением Совета Министров СССР от 25.06.49 г., приказом Министерства машиностроения и приборостроения СССР от 30.07.49 г., а также приказом Главного управления по производству противопожарного оборудования от 12.08.49 г. № 115 Государственная проектно-монтажная и эксплуатационно-техническая контора реорганизуется в Московский завод противопожарной автоматики с проектно-монтажным бюро
1954–1962 гг.	Проектно-монтажная контора противопожарной автоматики	Распоряжением Совета Министров СССР от 11.08.54 г. № 8845-р и приказом Министерства машиностроения и приборостроения СССР от 24.07.54 г. № 121 Московский завод ППА 01.11.54 г. был ликвидирован, а проектно-монтажное бюро завода реорганизовано в Проектно-монтажную контору ППА ВТ по производству ППО Министерства машиностроения и приборостроения СССР
1962–1964 гг.	Специализированное проектно-монтажное управление противопожарной автоматики	Приказом по Государственному комитету Совмина СССР по автоматизации и машиностроению от 24.09.62 г. № 491 Проектно-монтажная контора ППА переименована в Специализированное проектно-монтажное управление ППА
1964–1990 гг.	Всесоюзный проектно-монтажный трест противопожарной автоматики (ВПМТ ППА)	Приказом от 14.05.64 г. № 89 по Государственному комитету по приборостроению, средствам автоматизации и системам управления при Госплане СССР Специализированное проектно-монтажное управление ППА реорганизуется во Всесоюзный проектно-монтажный трест ППА
	Всесоюзное промышленное объединение “Союзспецавтоматика” (Главспецавтоматика)	Постановлением Совета Министров СССР от 30.11.70 г. № 963 и приказом Минприбора № 326 от 25.12.70 г. ВПМТ ППА и Всесоюзное проектно-монтажное объединение (ВПМО) “Автоматика” преобразованы во Всесоюзное промышленное объединение по проектированию, монтажу и наладке систем управления, противопожарной автоматики и охранной сигнализации “Союзспецавтоматика”
1990–2011 гг.	Международная ассоциация “Системсервис”	В ноябре 1990 г. на базе Главспецавтоматики Минприбора СССР создана Международная ассоциация “Системсервис”. Решением Комитета Российской Федерации по машиностроению она является ее правопреемником

объемы производства и услуг по реализации в различных областях народного хозяйства. В 1976 г. в соответствии с постановлением Совета Министров СССР “О генеральной схеме управления отраслью” в Минприборе СССР было создано 13 производст-

венных объединений по монтажу и наладке систем управления, систем противопожарной автоматики и охранной сигнализации. Семь из них располагались в РСФСР: “Центрспецавтоматика”, “Мосспецавтоматика” (г. Москва), “Севспецавтоматика” (г. Ле-

нинград), “Югспецавтоматика” (г. Волгоград), “Уралспецавтоматика” (г. Свердловск), “Запсибспецавтоматика” и “Востоксибавтоматика” (г. Новосибирск); два — на Украине: “Укрцентрспецавтоматика” и “Укргорспецавтоматика” (г. Киев), а также в Белоруссии (“Запспецавтоматика”, г. Минск), Казахстане (“Казспецавтоматика”, г. Алма-Ата), Средней Азии (“Средазспецавтоматика”, г. Душанбе), на Северном Кавказе (“Севказспецавтоматика”, г. Ростов-на-Дону). Впоследствии было создано также производственное объединение “Кавспецавтоматика” в Грузии (г. Тбилиси).

На Минприбор СССР Правительством СССР были возложены следующие задачи по системам управления и средствам противопожарной защиты и охраны объектов народного хозяйства:

Постановление от 02.02.65 г. № 76-30 “Об улучшении организации охраны учреждений и организаций”:

- осуществление единой технической политики в области создания приборов и аппаратуры для охраны объектов народного хозяйства;
- монтаж систем пожарной и охранной сигнализации.

Постановление от 31.12.70 г. № 1049-364:

- организовать разработку и изготовление новых и недорогих приборов и аппаратуры для охранной и пожарной сигнализации и систем автоматического пожаротушения;
- увеличить производство приборов и аппаратуры для охранной и пожарной сигнализации и систем автоматического пожаротушения, имея в виду обеспечить их в 1975 г. на сумму не менее 60 млн руб. в год и в течение ближайших лет внедрить их на объектах народного хозяйства, а также обеспечить систематическое информирование предприятий, учреждений и организаций об этих приборах и системах;
- осуществить в 1970–1975 гг. строительство специализированных заводов по производству приборов и аппаратуры для охранной и пожарной сигнализации систем автоматического пожаротушения;
- обеспечить выполнение к 1975 г. проектных и монтажных работ по оснащению объектов народного хозяйства техническими средствами охраны и системами автоматического пожаротушения в объеме не менее 100 млн руб. в год;
- возложить на Союзспецавтоматику наряду с проектно-конструкторскими, производственными и монтажными работами выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту средств охранной и пожарной сигнализации и систем автоматического пожаротушения на объектах всех министерств и ведомств (по договорам с соот-

ветствующими предприятиями, учреждениями и организациями).

Постановление от 15.07.77 г. № 654:

- принять меры к широкому использованию научно-технических достижений для противопожарной защиты народнохозяйственных объектов, и в частности к снижению пожарной опасности технологических процессов путем широкого применения систем противопожарной автоматики, замены горючих моющих и обезжирающих жидкостей на пожаробезопасные растворы и препараты.

Постановление от 15.07.77 г. № 655:

- обеспечить в 1977–1980 гг. производство основных видов пожарной техники, в том числе Минприбору обеспечить производство аппаратуры и оборудования для систем автоматического пожаротушения в 1979 г. на 0,6 млн руб., в 1980 г. — на 2,0 млн руб.;
- предусмотреть в проекте плана на 1981–1985 гг. строительство и ввод в действие указанных в постановлении Совета Министров СССР от 31 декабря 1970 г. № 1049-364 двух специализированных заводов по производству приборов и аппаратуры для охранной и пожарной сигнализации и систем автоматического пожаротушения общей мощностью по выпуску продукции в объеме 35 млн руб. в год;
- разработать в 1978–1980 гг. проектную документацию на строительство указанных заводов;
- обеспечить в 1977–1981 гг. создание и освоение серийного производства новых, более эффективных средств обнаружения загораний на ранней стадии развития очага пожара, предназначенных для установки в гостиницах, театрах, Дворцах культуры, общежитиях и жилых помещениях;
- обеспечить в 1977–1981 гг. создание и освоение серийного производства:
 - а) приемно-контрольных устройств, концентраторов и пультов пожарной сигнализации (с отделением сигналов о пожаре от других тревожных извещений и с управлением устройствами дымоудаления, пожаротушения и оповещения на основе использования специально проложенных проводных коммуникаций в зданиях);
 - б) специальных автоматизированных систем централизованного наблюдения по “занятым” линиям городских телефонных систем и радиоканалу (с отделением сигналов о пожаре от других тревожных извещений), обеспечивающих круглосуточный контроль канала связи, круглосуточную готовность к передаче сообщений и автоматическую регистрацию принятой информации;
- подготовить и предоставить в 3-месячный срок в Совет Министров СССР предложения о созда-

ния базового комплекса автоматизированной агрегированной системы связи и оперативного управления пожарной охраны крупных городов, с указанием срока ввода в действие и установки этого комплекса;

Постановление от 04.08.87 г. № 877:

- другими заинтересованными министерствами и ведомствами в 6-месячный срок подготовить и представить в ГКНТ СССР, Госплан СССР и Госстрой СССР комплексную программу по улучшению оснащения объектов народного хозяйства техническими средствами охраны, предусматрев в ней в частности:
 - а) развитие работ по созданию, внедрению и техническому обслуживанию современных прогрессивных систем охранной и пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения, повышающих надежность защиты объектов от хищений и пожаров;
 - б) задания по увеличению объемов и производства технических средств охраны, имея в виду удовлетворить в короткие сроки потребности народного хозяйства в этих средствах;
 - в) обеспечить разработку соответствующих передовым научно-техническим достижениям новых видов технических средств охранной и пожарной и охранно-пожарной сигнализации с применением микропроцессорной и вычислительной техники; организацию серийного производства этих технических средств, их внедрение и комплексное техническое обслуживание.

Общесоюзный классификатор промышленной и сельскохозяйственной продукции (ОКЛ):

Минприбор СССР:

- Группа 437100 “Приборы и аппаратура для систем автоматического пожаротушения и пожарной сигнализации”;
- Группа 437200 “Приборы и аппаратура для систем охранной сигнализации”.

Постановление от 29.08.88 г. № 1058:

- разработать и осуществить комплекс организационных, профилактических и научно-технических мер по укреплению пожарной безопасности объектов народного хозяйства, городов и других населенных пунктов. Возложить ответственность за обеспечение пожарной безопасности предприятий, учреждений и организаций персонально на их руководителей;
- обеспечить участие отраслевых научно-исследовательских организаций в решении вопросов противопожарной защиты объектов, использование технологической автоматики для предупреждения и тушения пожаров. Установить порядок проверки отраслевыми институтами и лабораториями пожаро- и взрывобезопасных свойств раз-

рабатываемых веществ, материалов, приборов и оборудования по единым стандартам;

- подготовить предложения по координации научных исследований, кооперации и специализации производства средств противопожарной защиты между странами — членами СЭВ, а также по сотрудничеству в этой области с ведущими капиталистическими странами;
- организовать изготовление на подведомственных предприятиях средств противопожарной защиты и при разработке предприятиями проектов планов на 13-ю пятилетку довести объемы поставки этих средств потребителям до 250 млн руб.;
- обеспечить по заявкам Министерства внутренних дел СССР производство конкретных видов противопожарной техники в согласованной с ним номенклатуре;
- совместно с другими заинтересованными министерствами и ведомствами в 6-месячный срок подготовить согласование с МВД СССР предложения по развитию мощностей и научно-технической базы отраслей, обеспечивающих выполнение заданий, установленных настоящим постановлением, для включения в проекты государственных планов экономического и социального развития СССР. При разработке проекта Государственного плана экономического и социального развития СССР на 1991–1995 гг. предусматривать необходимые лимиты капитальных вложений, обеспечивающие выполнение установленных настоящим постановлением заданий (в комплексе с решением социально-бытовых вопросов);
- в 1988 г. рассмотреть вопрос о создании совместных с зарубежными фирмами предприятий по выпуску средств противопожарной защиты и их составных частей.

В период 1960–1990 гг. объемы производства увеличивались каждые пять лет в 2–3 раза. Всего в Советском Союзе на рубеже 80–90-х гг. насчитывалось свыше 100 предприятий, выпускавших технические средства для систем противопожарной и охранной автоматики, из них свыше 60 предприятий Минприбора СССР. В те времена отрасль располагала пятью специализированными проектными институтами с сетью филиалов: СПКБ “Спецавтоматика”, г. Москва (директор В. А. Ярошевич, главный инженер М. Я. Голгер); ГПКИ “Спецавтоматика”, г. Новосибирск (директор М. Н. Чернов, главный инженер А. Д. Каштанов); ГПИ “Спецавтоматика”, г. Ростов-на-Дону (директор В. А. Елагин, главный инженер Г. Г. Габрелян); ГПИ “Спецавтоматика”, г. Киев (директор В. В. Максимов, главный инженер Б. С. Назаренко); ГПИ “Спецавтоматика”, г. Ленинград (директор В. А. Смирнов, главный инженер В. А. Смирнов).

нинград (директор Ю. И. Ефимов, главный инженер Ю. А. Сакулин).

Главспецавтоматика на протяжении всего периода своей деятельности располагала достаточными ресурсами квалифицированных кадров по проектированию, монтажу и обслуживанию промышленных и гражданских объектов любой степени сложности. Работы выполнялись во всех отраслях народного хозяйства — оборонной, атомной, нефтегазодобывающей, энергетической, автомобильной и других отраслях, где вопросы пожаровзрывобезопасности чрезвычайно важны. Так, например, большой объем работ был выполнен на космодроме Байконур. Здесь следует назвать и такие советские автомобильные гиганты, как КамАЗ, АвтоВАЗ, Горьковский автозавод; ведущие металлургические комбинаты: Череповецкий, Липецкий, Нижнетагильский, Новокузнецкий, Старооскольский, Челябинский, Магнитогорский и др.; авиационные заводы: Ульяновский, Новосибирский, Казанский, Ташкентский, Комсомольский-на-Амуре и др.

Работа проводилась и в правительственные учреждениях, банках, на объектах культуры, образования, здравоохранения, в гостиничных и торговых комплексах, складских терминалах, на транспорте и т. д.

Специалистам Главспецавтоматики доверяли решение самых ответственных задач, например оснащение и обслуживание объектов XXII Олимпийских игр, проходивших в Москве в 1980 г. За период 1979–1980 гг. был выполнен огромный объем работ: было защищено средствами противопожарной автоматики, пожарной и охранной сигнализации более 600 олимпийских объектов в Москве, Ленинграде, Таллине, Минске и Киеве. Только в столице число вновь построенных и реконструированных к олимпиаде объектов, на которых была проведена противопожарная и охранная защита, составило 111. В общей сложности на объектах Москвы было спроектировано, смонтировано, налажено и сдано в эксплуатацию 2265 систем, в том числе: 860 систем противопожарной автоматики, 840 систем пожарной сигнализации, 565 систем охранной, охранно-пожарной сигнализации, видеонаблюдения и контроля доступа.

Для обеспечения функционирования “АСУ-Олимпиада” было смонтировано и налажено более 300 единиц средств вычислительной и оргтехники отечественного и импортного производства, проложено более 50 тыс. км кабельной продукции, смонтировано 1720 км труб разных диаметров. На работах по проектированию, монтажу и наладке в Москве и других городах было занято в общей сложности более 5000 лучших специалистов.

За успешное выполнение работ по защите олимпийских объектов и проведения Олимпиады-80 ряд работников Главспецавтоматики Минприбора СССР, а также ГУПО, ГУВД МВД СССР были удостоены премий Совета Министров СССР в области науки и техники.

Весомый вклад в развитие технических средств и систем противопожарной и охранной автоматики внесли руководящие работники отрасли: министры Минприбора СССР М. Е. Раковский, К. Н. Руднев, М. С. Шкабардня, заместители министров В. В. Карабинский, В. В. Рыбаков, П. М. Семенов, Г. Л. Журбенко, А. В. Долганов; руководители Всесоюзного проектно-монтажного треста противопожарной автоматики М. Г. Головинцев, И. М. Цудиков, М. С. Голгер, Ю. В. Рикман, В. Д. Смирнов, С. Б. Фролов; руководители Всесоюзного объединения “Союзспецавтоматика” (Главспецавтоматика): А. М. Евдокименко, Г. И. Образцов, К. В. Курлыков, Е. П. Лешихин, О. Б. Зонов, М. М. Любимов, Н. Ф. Пестмаль и др.

В числе руководителей, сыгравших большую роль в развитии отрасли, генеральные директора производственных объединений: А. А. Жоров (ПО “Запспецавтоматика”), Л. А. Гаринов (ПО “Севкавспецавтоматика”), В. В. Просвиряков (ПО “Югспецавтоматика”), А. Г. Матвеев (ПО “Уралспецавтоматика”), И. Т. Прошкин, А. Абрамчук (ПО “Востокприборсервис”), И. М. Красов, Ю. Т. Лощенов, А. Т. Кутырёв (ПО “Востоксибспецавтоматика”), А. И. Рыбак, М. Д. Демьяненко, И. И. Сахар (ПО “Укрспецавтоматика”), А. М. Ефременко (ТОО “Казспецавтоматика”), Ю. И. Ефимов, Г. Н. Яшечкин (ПО “Севзапспецавтоматика”), Н. Г. Гогава (ПО “Кавказ”), В. М. Кондратенко (ПО “Центрприборсервис”), Ю. В. Корчагин (ПО “Автоматика”), Н. А. Попов, Л. Л. Ермаков, И. Ф. Моисеев (ПО “Мосспецавтоматика”), Ю. Г. Гайцгори, И. С. Александров (ПО “Средспецавтоматика”), В. Б. Гивойна (ПАО “Узспецавтоматика”) и др.

На каждом этапе развития, совершенствования и модернизации как технических средств и систем противопожарной автоматики, так и нормативно-правовой базы ее применения оказывали самое существенное содействие: руководители МВД СССР Н. А. Щелоков, МВД России А. С. Куликов, П. Г. Мищенков, МЧС России С. К. Шойгу, Ю. Л. Воробьев, Г. И. Кириллов, Е. А. Серебренников, А. П. Чуприян; руководители ГУПО, ГУ ГПС Ф. В. Обухов, А. К. Микеев, В. М. Соколов, В. Е. Дедиков, И. Ф. Кимстач, В. Ф. Рубцов, Е. Ф. Кирюханцев, Б. Ф. Туркин, В. П. Молчанов, В. Т. Кишкурно, В. Е. Татаров, Ю. П. Ненашев, В. М. Максимчук, Ю. И. Дешевых, Б. А. Борзов, А. И. Аксенов, А. Н. Галетич, А. Н. Нестругин; начальники отделов Г. М. Левицкий, П. С. Савельев, Ю. М. Логинов, М. И. Шувалов, Р. П. Воробьев, А. И. Жук; руководители ВНИИПО Д. И. Юр-

ченко, Н. П. Копылов, А. Н. Баратов, В. М. Гаврилей, Е. А. Мешалкин, В. В. Пивоваров, И. А. Болодъян, А. Я. Корольченко, А. В. Матюшин, С. Г. Цариченко, В. В. Яшин, и др.; ученые Академии Государственной противопожарной службы Н. Ф. Бубырь, В. П. Бабуров, В. И. Фомин, Н. Г. Топольский, В. И. Зыков, Н. Н. Брушлинский и др.

В развитие и внедрение технических средств и систем охранной защиты объектов и имущества граждан внесли свой вклад руководители Главного управления вневедомственной охраны МВД СССР и России: А. М. Волков, Г. П. Тесленко, Л. П. Колесов, И. А. Голубев, В. Ф. Матвеев; ведущие технические специалисты: С. П. Бобылев, Ю. А. Аверин, П. И. Коротких, В. Е. Мастеров, В. В. Лепешкин, М. Г. Булатов, В. В. Кокшин и др.; руководители СКБ “Охрана”, НИЦ “Охрана”: Ф. И. Шаровар, Г. И. Стрельников, И. А. Бабанов, В. А. Станотин, Г. А. Зайцев; ведущие специалисты: А. К. Крахмалёв, Б. И. Хомяков, С. В. Петруков, А. Р. Фомильнов, Г. Г. Соломанидин, С. М. Вишняков и многие другие.

Нельзя не отметить содействие, которое оказывали заместитель Председателя Госстроя СССР и России А. Н. Маршев, руководители Департамента экономики машиностроения Минэкономики России Е. И. Уваров, А. Н. Волдорин, В. И. Мороз и др.

После ликвидации союзных министерств и распада СССР предприятиями и организациями Главспецавтоматики при участии предприятий ряда других отраслей Российской Федерации, а также зарубежных компаний в ноябре 1990 г. была учреждена Международная ассоциация “Системсервис” (далее — Ассоциация), специализирующаяся на работах по созданию и внедрению автоматизированных систем и технических средств управления производством, противопожарной и охранной защитой объектов. Так зарождалась новая отрасль — комплексные системы безопасности.

Ассоциация начала осуществлять свою деятельность на основе соглашений о сотрудничестве с основными министерствами Российской Федерации: Министерством экономики РФ, Министерством науки и техники РФ, Министерством строительства РФ, Министерством промышленности и торговли РФ, Министерством энергетики РФ, МЧС РФ, МВД РФ и др.

Большое внимание уделяется Ассоциацией разработке и корректировке нормативно-технической базы, разработке новых стандартов отрасли, приведению их в соответствие с международными стандартами, разработке и экспертизе проектно-сметной документации, монтажу, наладке и ремонту АСУТП, пожарной и охранной автоматики (комплексных систем безопасности).

Стремясь идти в ногу со временем, делая ставку на передовые технологии, Ассоциация придает большое значение подготовке квалифицированных специалистов, созданию условий для развития науки, координации научно-технической деятельности. В 1997 г. Ассоциацией был открыт Университет комплексных систем безопасности и инженерного обеспечения (УКСБ и ИО), а в 2002 г. создана Всеобщая Академия наук комплексной безопасности (ВАНКБ).

Ассоциация объединяет свыше 300 предприятий и организаций России, стран СНГ и Балтии, других зарубежных государств. Ассоциация решает научно-технические задачи по обеспечению комплексной автоматизации и безопасности объектов любой сложности в любом регионе России и за рубежом.

В числе ведущих предприятий отрасли — ЗАО “Аргус-Спектр”, МЭЗ “Спецавтоматика”, ЗАО “Артсок”, Группа компаний “Тензор”, ФГУП “СНПО Элерон”, Научно-внедренческое предприятие “Болид” (г. Москва и Московская обл.), ЗАО НПО “Севзапспецавтоматика” (г. Санкт-Петербург), ФГУП ЦПКБ “Спецавтоматика” (г. Тверь), ОАО “НПП Спецавтоматика” (г. Ростов-на-Дону), Сибирская проектно-строительная корпорация “Спецавтоматика” (г. Новосибирск), ЗАО “ПО Спецавтоматика” (г. Бийск), ЗАО “Защита” (г. Хабаровск), “Системсервис” (г. Старый Оскол), ЗАО “Алгонт” (г. Калуга) и многие другие.

За 20 лет своей деятельности Ассоциация целенаправленно проводила в области единую научно-техническую политику по созданию и внедрению конкурентоспособной отечественной продукции: автоматизированных систем и технических средств управления производством, противопожарной и охранной защитой объектов для всех отраслей промышленности и строительства.

Ассоциация является базовой организацией Технического комитета (ТК) по стандартизации Ростандарта № 439 “Средства автоматизации и системы управления”, в рамках которого учеными и специалистами УКСБ и ИО, ВАНКБ, других предприятий и организаций — членов Ассоциации на системной основе проводится разработка новых национальных стандартов по вопросам автоматизированных систем управления и обеспечения безопасности зданий и сооружений (включая линейные объекты) промышленного и гражданского строительства.

ТК № 439 тесно сотрудничает с другими техническими комитетами (ТК № 274 “Пожарная безопасность”, ТК № 234 “Системы тревожной сигнализации и противокриминальной защиты”, ТК № 10 “Перспективные производственные технологии, менеджмент и оценка рисков”, ТК № 45 “Железнодорожный транспорт”, ТК № 058 “Функциональная безопасность” и др., проводя в жизнь единую согла-

сованную техническую политику и исключая ненужный параллелизм в проведении работ по стандартизации.

Новые стандарты, разработанные в рамках ТК № 439, соответствуют современным требованиям международных норм по аспектам безопасности и ориентированы на инновационное развитие в строительной отрасли и обеспечение безопасности недвижимости. К последним инновационным стандартам, утвержденным Росстандартом, можно отнести пакет базовых стандартов серии ГОСТ Р 53195 по функциональной безопасности систем, связанных с безопасностью зданий и сооружений (СБЗС-систем) (ГОСТ Р 53195.1–2008 “Часть 1. Основные положения”, ГОСТ Р 53195.2–2008 “Часть 2. Общие требования”, ГОСТ Р 53195.3–2009 “Часть 3. Требования к системам”, ГОСТ Р 53195.4–2010 “Часть 4. Требования к программному обеспечению”, ГОСТ Р 53195.5–2010 “Часть 5. Меры по снижению риска, методы оценки”), а также групповой стандарт ГОСТ Р 54101–2010 по техническому обслуживанию и текущему ремонту таких систем. Данные стандарты получили высокую оценку западноевропейских специалистов и признаны инновационными и перспективными в строительной отрасли. На их основе предполагается разработка серии международных стандартов МЭК.

ВАНКБ в рамках взаимодействия с ТК № 439 разрабатывает стандарты организации с содержанием, эквивалентным содержанию вновь разрабатываемых национальных стандартов, но со сроком ввода в действие, опережающим ввод в действие национальных стандартов на полгода-год (например, СТО 59131810-2–2010, СТО 59131810-2–2010, СТО 59131810-2–2010). Благодаря этому потенциальные потребители новых национальных стандартов имеют возможность заранее ознакомиться с их содержанием, применить на практике их положения и подготовить производство для введения инноваций, не дожидаясь официального ввода в действие и поступления их в продажу.

К текущим разработкам в области стандартизации в рамках ТК № 439 относятся проекты нацио-

нальных стандартов “Автоматизированные системы управления зданий и сооружений. Термины и определения”, две части серии ГОСТ Р 53195 (“Часть 6. Внешние средства уменьшения риска, системы мониторинга”, “Часть 7. Порядок применения ГОСТ Р 53195, примеры расчетов”), группа стандартов по центрам управления кризисными ситуациями и оценке их соответствия, а также серия стандартов по автоматизированным системам жилых домов и многофункциональных зданий, ориентированная на обеспечение безопасности, энергоэффективности и ресурсоэффективности этих объектов.

К перспективным относится разработка серии международных стандартов по функциональной безопасности СБЗС-систем (на базе ГОСТ Р 53195), национальных стандартов, ориентированных на обеспечение функциональной совместимости автоматизированных систем управления зданий и сооружений, а также стандартов, ориентированных на обеспечение необходимой полноты безопасности СБЗС-систем, устанавливаемых на особо опасных, технически сложных и уникальных объектах.

ВАНКБ расширяет диапазон сотрудничества со специалистами западноевропейских стран в области технического регулирования в сфере обеспечения безопасности в строительной отрасли.

УКСБ и ИО организует и читает курсы по применению новых норм в сфере обеспечения безопасности зданий и сооружений при наличии внешних и внутренних воздействий природного, техногенного и антропогенного характера.

Ассоциация совместно с ее членами и другими заинтересованными предприятиями и организациями продолжает твердо держать курс на инновационное развитие в сфере автоматизации процессов управления и обеспечения безопасности, которое, я уверен, позволит в условиях надвигающейся глобализации экономик обеспечить конкурентоспособность отечественной продукции (в широком смысле), восстановить национальную экономику и обеспечить безопасность жизни и здоровья граждан, имущества и окружающей среды в нашей стране.

**Б. В. Теребнев**

канд. техн. наук, доцент, заслуженный работник высшей школы РФ,
профессор Академии ГПС МЧС РФ,
г. Москва, Россия

**Т. Н. Атаманов**

инженер пожарной безопасности,
слушатель магистратуры Академии
ГПС МЧС РФ, г. Москва, Россия

УДК 614.843.3

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАСОСНО-РУКАВНЫХ СИСТЕМ

Предложены новые таблицы для расчетов параметров насосно-рукавных систем при транспортировании и подаче огнетушащих веществ.

Ключевые слова: мобильное средство пожаротушения; насосная установка мобильного средства пожаротушения; напорный пожарный рукав; расход; напор; ступени перекачки.

Для транспортирования и подачи огнетушащих веществ на пожаре и при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций применяются различные насосно-рукавные системы. Для расчета их параметров используются таблицы, разработанные более 30 лет назад, которые с достаточной для практики точностью позволяют определить параметры работоспособности используемых насосно-рукавных систем. Однако данные таблицы привязаны к конкретным схемам насосно-рукавных систем. Это не очень удобно, поскольку требует большого количества таблиц. Кроме того, таблицы позволяют определять параметры только для ручных пожарных стволов с расходом 3,5 и 7 л/с и пенных стволов (генераторами пены) с расходом 6; 8 и 16 л/с раствора. Поэтому параметры насосно-рукавных систем для технических средств подачи огнетушащих веществ с расходами, отличными от вышеуказанных, по этим таблицам установить невозможно.

В связи с вышеизложенным появилась необходимость в разработке более совершенных таблиц, позволяющих расширить диапазон определяемых параметров работоспособности насосно-рукавных систем. Предлагаемые вашему вниманию таблицы позволяют определять:

- напор на насосной установке головного мобильного средства пожаротушения и количество напорных пожарных рукавов различного диаметра в магистральной рукавной линии при транспортировании различного количества огнетушащих веществ (воды, растворов) и подаче их ручными пожарными стволами (табл. 1);
- напор на насосной установке головного мобильного средства пожаротушения и количество напорных пожарных рукавов различного диамет-

ра в магистральной рукавной линии при транспортировании и подаче различного количества огнетушащих веществ (воды, растворов) пенным (генераторами пены) и лафетным пожарным стволами (табл. 2);

- напор на насосной установке мобильного средства пожаротушения ступени перекачки и количество напорных пожарных рукавов различного диаметра в магистральных рукавных линиях между ступенями перекачки (табл. 3);
- все параметры, которые определяются по табл. 1–3 (табл. 4, универсальная):
 - требуемый напор на насосной установке головного мобильного средства пожаротушения при транспортировании огнетушащих веществ (воды, растворов) по напорным рукавам различного диаметра и подаче их ручными, лафетными, пенным (генераторами пены) пожарными стволами;
 - количество напорных пожарных рукавов различного диаметра в магистральных рукавных линиях от головного мобильного средства пожаротушения и между ступенями перекачки.

В табл. 1–3 приняты следующие обозначения:

Q — расход по одной магистральной рукавной линии, л/с;

H — напор, создаваемый насосной установкой мобильного средства пожаротушения в начале магистральной рукавной линии, м;

n — количество напорных пожарных рукавов в магистральной линии;

51, 66, 77, 89, 150 — диаметры напорных прорезиненных пожарных рукавов в магистральных линиях, мм.

© Теребнев Б. В., Атаманов Т. Н., 2011

Таблица 1. Определение напора на насосной установке головного мобильного средства пожаротушения и количества рукавов при транспортировании огнетушащих веществ к ручным пожарным стволам

№ п/п	Q , л/с	Параметры насосно-рукавной системы	Диаметр напорных прорезиненных рукавов в магистральной линии, мм			
			51	66	77	89
1	2	H , м	$40 + 0,52n$	$40 + 0,13n$	$40 + 0,06n$	$40 + 0,014n$
			n	$2,13H - 96$	$8,16H - 367$	$18,5H - 833$
2	3,5	H , м	$40 + 1,6n$	$40 + 0,41n$	$40 + 0,18n$	$40 + 0,043n$
			n	$0,69H - 31$	$2,6H - 120$	$6H - 272$
3	6	H , м	$40 + 4,68n$	$40 + 1,22n$	$40 + 0,54n$	$40 + 0,12n$
			n	$0,23H - 10,6$	$0,9H - 40$	$2H - 92$
4	7	H , м	$40 + 6,37n$	$40 + 1,66n$	$40 + 0,73n$	$40 + 0,17n$
			n	$0,17H - 7,84$	$0,6H - 30$	$1,5H - 68$
5	11	H , м	$40 + 15,7n$	$40 + 4,1n$	$40 + 1,8n$	$40 + 0,42n$
			n	$0,07H - 3,1$	$0,27H - 12$	$0,6H - 27$
6	12	H , м		$40 + 4,8n$	$40 + 2,1n$	$40 + 0,5n$
			n	$0,2H - 10$	$0,5H - 23$	$2,2H - 99$
7	14	H , м		$40 + 6,6n$	$40 + 2,94n$	$40 + 0,68n$
			n	$0,16H - 7,5$	$0,37H - 17$	$1,6H - 72$
8	18	H , м		$40 + 11n$	$40 + 4,8n$	$40 + 1,1n$
			n	$0,1H - 4,5$	$0,22H - 10$	$0,9H - 44$
9	21	H , м		$40 + 6,6n$	$40 + 1,5n$	
			n		$0,16H - 7,5$	$0,7H - 32$
10	24	H , м		$40 + 8,6n$	$40 + 2n$	
			n		$0,12H - 5,7$	$0,5H - 24$
11	28	H , м			$40 + 2,7n$	
			n			$0,4H - 18$
12	30	H , м			$40 + 3n$	
			n			$0,35H - 15$
13	35	H , м			$40 + 4,2n$	
			n			$0,25H - 11$
14	40	H , м			$40 + 5,6n$	
			n			$0,1H - 8$

Важное замечание, которое нужно знать при пользовании таблицами:

- таблицы не учитывают уклон (подъем) местности и высоту установки технических средств подачи огнетушащих веществ;
- в рабочих рукавных линиях принято по три напорных пожарных рукава;
- напор на насадках пожарных стволов принят: для ручных стволов — 40 м, для лафетных, пенных (генераторов пены) стволов, насадков НРТ и им подобных — 60 м;
- параметры насосно-рукавных систем не должны превышать технические характеристики насосных установок мобильных средств пожаротушения.

Примеры расчета параметров насосно-рукавных систем с использованием табл. 1

Пример 1

На пожаре на ликвидацию горения требуется подать воду с расходом 14 л/с. РТП принял решение транспортировать ее по одной магистральной рукавной линии.

Требуется определить:

- предельное количество напорных пожарных рукавов диаметром 77 мм в магистральной линии при напоре на насосной установке 80 м;
- требуемый напор на насосной установке при использовании в магистральной рукавной линии трех рукавов диаметром 77 мм.

Решение

1. Определяем предельное количество напорных пожарных рукавов.

По табл. 1 находим значение $Q = 14 \text{ л/с}$ и для рукавов диаметром 77 мм находим уравнение: $n = 0,37H - 17$, в которое подставляем $H = 80 \text{ м}$. Получаем: $n = 0,37 \cdot 80 - 17 = 12,6$. Окончательно принимаем 12 рукавов.

2. Определяем требуемый напор в системе.

По табл. 1 находим значение $Q = 14 \text{ л/с}$ и для рукавов диаметром 77 мм находим уравнение $H = 40 + 2,94n$, в которое подставляем количество напорных пожарных рукавов в магистральной линии (по условию $n = 3$). Получаем: $H = 40 + 2,94 \cdot 3 = 49 \text{ м}$.

Пример 2

На пожаре на ликвидацию горения требуется подать воду с расходом 14 л/с. РТП принял решение транспортировать ее к двум ручным пожарным стволам с расходом по 7 л/с каждый по двум магистральным рукавным линиям.

Требуется определить:

- предельное количество напорных пожарных рукавов диаметром 77 мм в одной магистральной линии (магистральные линии симметричны) при напоре на насосной установке 80 м;
- требуемый напор на насосной установке при использовании в каждой магистральной рукавной линии трех рукавов диаметром 77 мм.

Решение

Расчет проводим для одной магистральной рукавной линии с транспортированием по ней воды 7 л/с.

1. Определяем предельное количество напорных пожарных рукавов.

По табл. 1 находим значение $Q = 7 \text{ л/с}$ и для рукавов диаметром 77 мм находим уравнение: $n = 1,5H - 68$, в которое подставляем $H = 80 \text{ м}$. Получаем: $n = 1,5 \cdot 80 - 68 = 52$ рукава.

2. Определяем требуемый напор на насосе МСП.

По табл. 1 находим значение $Q = 7 \text{ л/с}$ и для рукавов диаметром 77 мм находим уравнение: $H = 40 + 0,73n$, в которое подставляем количество напорных пожарных рукавов в магистральной линии (по условию $n = 3$). Получаем: $H = 40 + 0,73 \cdot 3 = 42,2 \text{ м}$.

Примеры расчета параметров насосно-рукавных систем с использованием табл. 2**Пример 3**

Для ликвидации горения в подвале жилого дома было принято решение о заполнении его пеной средней кратности с подачей ручных пенных стволов с расходом по 4 л/с при транспортировании водного

раствора пенообразователя по одной магистральной линии.

Требуется определить:

- предельное количество напорных пожарных рукавов диаметром 77 мм в магистральной линии для транспортирования раствора к техническим средствам подачи пены при максимальном напоре на насосной установке мобильного средства пожаротушения 80 м;
- требуемый напор на насосной установке мобильного средства пожаротушения при транспортировании раствора по магистральной рукавной линии из трех напорных пожарных рукавов диаметром 77 мм;
- параметры насосно-рукавной системы при транспортировании раствора по двум магистральным рукавным линиям из напорных пожарных рукавов диаметром 51 мм.

Решение

1. Определяем предельное количество напорных пожарных рукавов в магистральной линии.

По табл. 2 находим значение $Q = 16 \text{ л/с}$, равное расходу раствора, проходящему в магистральной линии, и для рукавов диаметром 77 мм находим уравнение: $n = 0,17H - 7$, в которое подставляем $H = 80 \text{ м}$. Получаем: $n = 0,17 \cdot 80 - 7 = 6,6$. Окончательно принимаем 6 рукавов диаметром 77 мм.

2. Определяем требуемый напор в системе.

Аналогично находим уравнение для определения требуемого напора: $H = 60 + 3,8n$, в которое подставляем заданное по условию количество напорных пожарных рукавов в магистральной линии ($n = 3$). Получаем: $H = 60 + 3,8 \cdot 3 = 71,4 \text{ м}$.

3. Определяем требуемые параметры при использовании двух магистральных линий из напорных пожарных рукавов диаметром 51 мм.

Принимаем, что по каждой магистральной линии транспортируется по 8 л/с раствора. По табл. 2 находим $Q = 8 \text{ л/с}$ и для напорных рукавов диаметром 66 мм находим уравнения для определения:

- напора: $H = 60 + 2,1n$;
- количества пожарных рукавов: $n = 0,3H - 13$.

Подставляя в первое уравнение $n = 3$, получаем: $H = 66,3 \text{ м}$.

Подставляя во второе уравнение $H = 80 \text{ м}$, получаем: $n = 11$ рукавов.

Пример 4

Для ликвидации горения на пожаре требуется подать лафетный ствол с расходом воды 40 л/с.

Требуется определить:

- 1) предельное количество напорных пожарных рукавов в одной магистральной линии при напоре на насосной установке 90 м:

Таблица 2. Определение напора на насосной установке головного мобильного средства пожаротушения и количества рукавов при транспортировании огнетушащих веществ к пенным и лафетным пожарным стволам

№ п/п	Q , л/с	Параметры насосно-рукавной системы	Диаметр напорных прорезиненных рукавов в магистральной линии, мм				
			51	66	77	89	150
1	6	H , м	$60 + 4,7n$	$60 + 1,2n$	$60 + 0,54n$	$60 + 0,12n$	$60 + 0,01n$
		n	$0,1H - 6,4$	$0,5H - 24$	$1,2H - 55$	$5,2H - 238$	$40,2H - 1811$
2	8	H , м	$60 + 8,3n$	$60 + 2,1n$	$60 + 0,9n$	$60 + 0,22n$	$60 + 0,02n$
		n	$0,08H - 3,6$	$0,3H - 13$	$0,69H - 31$	$2,9H - 133$	$22H - 1019$
3	10	H , м	$60 + 13n$	$60 + 3,4n$	$60 + 1,5n$	$60 + 0,35n$	$60 + 0,04n$
		n	$0,05H - 2$	$0,19H - 8$	$0,4H - 20$	$1,9H - 85$	$14,4H - 652$
4	12	H , м		$60 + 4,8n$	$60 + 2,1n$	$60 + 0,5n$	$60 + 0,06n$
		n		$0,1H - 6$	$0,3H - 13$	$1,3H - 59$	$10H - 452$
5	16	H , м		$60 + 8,7n$	$60 + 3,8n$	$60 + 0,9n$	$60 + 0,1n$
		n		$0,07H - 3$	$0,17H - 7$	$0,74H - 33$	$5,6H - 254$
6	18	H , м			$60 + 4,8n$	$60 + 1,1n$	$60 + 0,14n$
		n			$0,1H - 6$	$0,5H - 26$	$4,4H - 201$
7	20	H , м			$60 + 6n$	$60 + 1,4n$	$60 + 0,18n$
		n			$0,1H - 5$	$0,4H - 21$	$3,6H - 163$
8	24	H , м				$60 + 2n$	$60 + 0,26n$
		n				$0,33H - 14$	$2,5H - 113$
9	28	H , м				$60 + 2,7n$	$60 + 0,36n$
		n				$0,24H - 10$	$1,8H - 83$
10	32	H , м				$60 + 3,5n$	$60 + 0,47n$
		n				$0,18H - 8$	$1,4H - 63$
11	36	H , м				$60 + 4,5n$	$60 + 0,6n$
		n				$0,14H - 6$	$1,1H - 50$
12	40	H , м				$60 + 5,6n$	$60 + 0,73n$
		n				$0,11H - 5$	$0,9H - 40$
13	50	H , м					$60 + 1,1n$
		n					$0,5H - 26$
14	60	H , м					$60 + 1,6n$
		n					$0,4H - 18$
15	70	H , м					$60 + 2,2n$
		n					$0,29H - 13$
16	80	H , м					$60 + 2,9n$
		n					$0,22H - 10$
17	90	H , м					$60 + 3,7n$
		n					$0,17H - 8$
18	100	H , м					$60 + 4,6n$
		n					$0,14H - 6$

- диаметром 77 мм при транспортировании воды к лафетному стволу по одной магистральной линии;
- диаметром 77 мм при транспортировании воды к лафетному стволу по двум магистральным линиям;
- диаметром 51 мм при транспортировании воды к лафетному стволу по двум магистральным линиям;

2) требуемый напор на насосной установке мобильного средства пожаротушения при транспортировании воды к лафетному стволу:

- по одной магистральной рукавной линии из четырех рукавов диаметром 77 мм;
- по двум магистральным рукавным линиям из четырех рукавов диаметром 77 мм каждая;
- по двум магистральным рукавным линиям из четырех рукавов диаметром 51 мм каждая.

Решение

1. Определяем предельное количество напорных пожарных рукавов.

По аналогии с ранее рассмотренными примерами по табл. 2 находим элементарные уравнения, решая которые определяем требуемые параметры:

- для одной магистральной рукавной линии диаметром 77 мм ($Q = 20 \text{ л/с}$ по одной линии):

$$n = 0,1H - 5 = 0,1 \cdot 90 - 5 = 4 \text{ рукава};$$

- для двух магистральных рукавных линий диаметром 77 мм ($Q = 10 \text{ л/с}$ по одной магистральной рукавной линии):

$$n = 0,4H - 20 = 0,4 \cdot 90 - 20 = 16 \text{ рукавов} \\ (\text{в каждой линии});$$

- для двух магистральных рукавных линий диаметром 51 мм ($Q = 10 \text{ л/с}$):

$$n = 0,05H - 2 = 0,05 \cdot 90 - 2 = 2,5.$$

Окончательно принимаем 2 рукава в каждой магистральной рукавной линии.

2. Определяем напор на насосе мобильного средства пожаротушения.

Аналогично с рассмотренными выше примерами по табл. 2 находим элементарные уравнения, решая которые находим требуемые параметры:

- для одной магистральной рукавной линии из четырех рукавов диаметром 77 мм ($Q = 20 \text{ л/с}$):

$$H = 60 + 6n = 60 + 6 \cdot 4 = 84 \text{ м};$$

- для двух магистральных рукавных линий из четырех рукавов диаметром 77 мм каждая ($Q = 10 \text{ л/с}$ по одной линии):

$$H = 60 + 1,5n = 60 + 1,5 \cdot 4 = 66 \text{ м};$$

- для двух магистральных рукавных линий из четырех рукавов диаметром 51 мм каждая ($Q = 10 \text{ л/с}$ по одной линии):

$$H = 60 + 13n = 60 + 13 \cdot 4 = 112 \text{ м.}$$

Примеры расчета параметров насосно-рукавных систем с использованием табл. 3

Напор, развиваемый насосной установкой, принят 90 м.

Пример 5

На пожаре требуется подать воду с расходом 21 л/с. Водоисточник находится на значительном удалении от места пожара, что не дает возможности транспортировать требуемое количество воды непосредственно насосной установкой мобильного средства пожаротушения. Принято решение транспортировать воду перекачкой.

Требуется определить количество напорных пожарных рукавов магистральной рукавной линии между ступенями перекачки:

- при использовании одной магистральной линии из напорных рукавов диаметром 77 мм;
- при использовании двух магистральных линий из напорных рукавов диаметром 66 мм.

Решение

По аналогии с предыдущими решениями по табл. 3 находим элементарные уравнения, решая которые находим требуемое количество напорных пожарных рукавов между ступенями перекачки при транспортировании воды:

- по одной магистральной линии из напорных рукавов диаметром 77 мм ($Q = 21 \text{ л/с}$):

$$n = 0,26H - 12 = 0,26 \cdot 90 - 12 = 12 \text{ рукавов};$$

- по двум магистральным линиям из напорных рукавов диаметром 66 мм ($Q = 10,5 \text{ л/с}$ для каждой линии):

$$n = 0,47H - 21 = 0,47 \cdot 90 - 21 = 21 \text{ рукав} \\ (\text{в каждой магистральной линии}).$$

Пример 6

На пожаре требуется подать воду с расходом 30 л/с. Расстояние до водоисточника с неограниченным запасом воды 2000 м. Мобильные средства пожаротушения укомплектованы напорными пожарными рукавами диаметром 89; 66 и 51 мм. Принято решение о транспортировании воды к техническим средствам подачи перекачкой по одной магистральной линии из напорных пожарных рукавов диаметром 89 мм.

Требуется определить:

- количество напорных пожарных рукавов в магистральной линии;
- количество напорных пожарных рукавов между ступенями перекачки;
- количество ступеней перекачки.

Решение

1. Определяем общее количество напорных пожарных рукавов от водоисточника до места подачи:

$$N_{\text{общ}} = 0,06 \cdot 2000 = 120 \text{ рукавов.}$$

2. Определяем количество напорных пожарных рукавов между ступенями перекачки.

По табл. 3 находим значение $Q = 30 \text{ л/с}$ и для напорных пожарных рукавов диаметром 89 м находим простое уравнение, решая которое определяем n :

$$n = 0,5H - 25 = 0,5 \cdot 90 - 25 = 20 \text{ рукавов.}$$

3. Определяем количество ступеней перекачки:

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{общ}} / n + 1 = 120 / 20 + 1 = 7,$$

т. е. потребуется семь мобильных средств пожаротушения с насосными установками.

Таблица 3. Определение напора на насосной установке головного мобильного средства пожаротушения и количества рукавов между ступенями перекачки при транспортировании огнетушащих веществ перекачкой

№ п/п	Q , л/с	Параметры насосно-рукавной системы	Диаметр напорных прорезиненных рукавов в магистральной линии, мм			
			66	77	89	150
1	10,5	H , м	$3,7n + 10$	$1,6n + 10$	$0,38n + 10$	$0,05n + 10$
		n	$0,47H - 21$	$H - 48$	$4,6H - 207$	$35H - 1577$
2	11,5	H , м	$4,5n + 10$	$1,9n + 10$	$0,46n + 10$	$0,06n + 10$
		n	$0,4H - 17$	$0,8H - 40$	$3,8H - 172$	$29H - 1315$
3	14	H , м	$6,6n + 10$	$2,94n + 10$	$0,68n + 10$	$0,09n + 10$
		n	$0,26H - 12$	$0,6H - 27$	$2,5H - 116$	$19,7H - 887$
4	15	H , м	$7,6n + 10$	$3,3n + 10$	$0,78n + 10$	$0,1n + 10$
		n	$0,2H - 10$	$0,52H - 23$	$2,22H - 101$	$17H - 772$
5	18	H , м	$11n + 10$	$4,8n + 10$	$1,1n + 10$	$0,14n + 10$
		n	$0,16H - 7$	$0,36H - 16$	$1,5H - 70$	$11,9H - 536$
6	19	H , м		$5,4n + 10$	$1,2n + 10$	$0,16n + 10$
		n		$0,3H - 14$	$1,4H - 63$	$10,7H - 481$
7	21	H , м		$6,6n + 10$	$1,5n + 10$	$0,2n + 10$
		n		$0,26H - 12$	$1,1H - 51$	$8,7H - 394$
8	24	H , м			$2n + 10$	$0,26n + 10$
		n			$0,8H - 39$	$6,7H - 301$
9	25	H , м			$2,1n + 10$	$0,28n + 10$
		n			$0,8H - 36$	$6,1H - 278$
10	28	H , м			$2,7n + 10$	$0,36n + 10$
		n			$0,64H - 29$	$4,9H - 221$
11	30	H , м			$3,15n + 10$	$0,4n + 10$
		n			$0,5H - 25$	$4,2H - 193$
12	35	H , м			$4,2n + 10$	$0,5n + 10$
		n			$0,4H - 18$	$3,1H - 141$
13	40	H , м			$5,6n + 10$	$0,7n + 10$
		n			$0,3H - 14$	$2,4H - 108$
14	45	H , м				$0,93n + 10$
		n				$1,9H - 85$
15	50	H , м				$1,15n + 10$
		n				$1,5H - 69$
16	55	H , м				$1,4n + 10$
		n				$1,2H - 57$
17	60	H , м				$1,65n + 10$
		n				$H - 48$
18	65	H , м				$1,9n + 10$
		n				$0,9H - 41$
19	70	H , м				$2,25n + 10$
		n				$0,7H - 35$
20	80	H , м				$2,9n + 10$
		n				$0,6H - 27$
21	90	H , м				$3,7n + 10$
		n				$0,4H - 21$
22	95	H , м				$4,15n + 10$
		n				$0,4H - 19$

**Примеры расчета параметров
насосно-рукавных систем
с использованием табл. 4**

Условные (буквенные) обозначения в табл. 4:

a — потери напора в одном прорезиненном напорном пожарном рукаве;

b — количество напорных пожарных рукавов в магистральной рукавной линии при подаче стволов с напором на насадке ствола 40 м;

c — количество рукавов между ступенями перекачки при напоре на входе в следующую ступень перекачки 10 м;

d — количество напорных пожарных рукавов магистральной рукавной линии при подаче стволов (генераторов пены) с напором на насадке ствола 60 м.

Пример 7

Требуется определить напор на насосе мобильного средства пожаротушения при подаче ствола с напором 40 м и расходом 6 л/с при использовании пяти напорных прорезиненных рукавов диаметром 51 мм.

Решение

Для определения напора на мобильном средстве пожаротушения необходимо значение показателя *a*, найденное в табл. 4 по исходным данным, умножить на количество используемых рукавов и прибавить напор на стволе.

Все действия можно выполнять устно. По табл. 4 находим значение параметра *a* для рукавов диаметром 51 мм (строка 17) и расхода 6 л/с: *a* = 4,68. Для удобства допускается его округлить до 4,7. Подставив значение 4,7 в формулу и проведя устные расчеты, получаем 63,5 м.

Пример 8

Требуется определить максимально возможное количество пожарных напорных рукавов в магистральной линии диаметром 77 мм для транспортирования воды к ручным пожарным стволам с напором на насадке ствола 40 м и расходом 10,5 л/с.

Решение

По табл. 4 находим значение параметра *b* для рукавов диаметром 77 мм (строка 10) и расхода 10,5 л/с: *b* = 30, что соответствует максимально возможному количеству пожарных напорных рукавов в магистральной линии.

Пример 9

Требуется определить максимально возможное количество пожарных напорных рукавов диаметром 89 мм между ступенями перекачки при транспортировании огнетушащих веществ с расходом 21 л/с.

Решение

По табл. 4 находим значение параметра *c* для диаметра 89 мм (строка 7) и расхода 21 л/с: *c* = 51 рукав.

Пример 10

Требуется определить максимально возможное количество пожарных напорных рукавов в магистральной линии диаметром 150 мм при подаче лафетных пожарных стволов с напором на насадке ствола 60 м и расходом 60 л/с.

Решение

По табл. 4 находим значение параметра *d* для рукавов диаметром 150 мм (строка 4) и расхода 60 л/с: *d* = 18 рукавов.

Пример 11

Требуется определить максимально возможное количество пожарных напорных рукавов в магистральной линии диаметром 77 мм при подаче пенного пожарного ствола с напором на насадке ствола 60 м и расходом по раствору 6 л/с.

Решение

По табл. 4 находим значение параметра *d* для рукавов диаметром 77 мм (строка 4) и расхода 6 л/с: *d* = 55 рукавов.

Пример 12

На пожаре требуется подать ствол с напором на насадке ствола 40 м и расходом воды 7 л/с. Расстояние от рукавного разветвления до водоисточника 400 м. Мобильное средство пожаротушения укомплектовано напорными пожарными рукавами диаметром 77 и 66 мм.

Требуется принять решение по выбору диаметра напорных пожарных рукавов для магистральной линии при максимальном напоре на насосе мобильного средства пожаротушения 70 м.

Решение

1. Определяем общее количество напорных пожарных рукавов в магистральной линии от водоисточника до рукавного разветвления:

$$N_{\text{общ}} = 0,06 \cdot 400 = 24 \text{ рукава.}$$

2. Определяем напор на насосе мобильного средства пожаротушения при использовании напорных пожарных рукавов диаметром 66 мм.

По аналогии с примером 7 по табл. 4 находим значение параметра *a* для рукавов диаметром 66 мм (строка 13) и расхода 7 л/с: *a* = 1,66. Умножая найденное значение на количество рукавов в магистральной линии и прибавляя напор на стволе, получаем 79 м.

3. Определяем напор на насосе мобильного средства пожаротушения при использовании напорных пожарных рукавов диаметром 77 мм.

Таблица 4. Универсальная таблица по определению параметров насосно-рукавных систем

Диаметр магистральной рукавной линии, мм	Номер строки	Параметр насосно-рукавной системы	Расход транспортируемого по магистральной линии отгущующего вещества, л/с																				
			2	3,5	4	6	7	8	10,5	14	17,5	21	24,5	28	32	35	40	50	60	70	80	90	100
150	1	a																					
	2	<i>b</i>																					
	3	<i>c</i>																					
	4	<i>d</i>																					
89	5	a	Менее 0,05	0,05	0,12	0,17	0,23	0,38	0,68	1,07	1,54	2,1	2,74	3,58	4,28	5,6							
	6	<i>b</i>	Более 892	892	396	291	223	129	72	46	32	23	18	13	11	8							
	7	<i>c</i>	Более 1428	1428	634	466	357	207	116	74	51	38	29	22	18	14							
	8	<i>d</i>	Более 535	535	238	174	133	77	43	27	19	14	10	8	6	5							
77	9	a	0,06	0,18	0,24	0,54	0,73	0,96	1,65	2,94	4,59	6,61	9										
	10	<i>b</i>	833	272	208	92	68	52	30	17	10	7	5										
	11	<i>c</i>	1333	435	333	148	108	83	48	27	17	12	8										
	12	<i>d</i>	500	163	125	55	40	31	18	10	6	4	3										
66	13	a	0,14	0,41	0,54	1,22	1,66	2,17	3,74	6,66	10,4												
	14	<i>b</i>	367	120	91	40	30	22	13	7	4												
	15	<i>c</i>	588	192	147	65	48	36	21	12	7												
	16	<i>d</i>	220	72	55	24	18	13	8	4	2												
51	17	a	0,52	1,59	2,08	4,68	6,37	8,32	14,3														
	18	<i>b</i>	96	31	24	10	7	6	3														
	19	<i>c</i>	153	50	38	17	12	9	5														
	20	<i>d</i>	57	18	14	6	4	3	2														

Условные (буквенные) обозначения:

a — потери напора в одном прорезиненном напорном пожарном рукаве;*b* — количество напорных пожарных рукавов в магистральной рукавной линии при подаче стволов с напором на насадке ствола 40 м;*c* — количество рукавов между ступенями перекачки 10 м;*d* — количество напорных пожарных рукавов магистральной рукавной линии при подаче стволов (генераторов пены) с напором на насадке ствола 60 м.

По табл. 4 находим значение параметра a для рукавов диаметром 77 мм (строка 9) и расхода 7 л/с: $a = 0,73$. Умножая найденное значение на количество рукавов в магистральной линии и прибавляя напор на стволе, получаем 57 м.

Таким образом, для прокладки магистральной рукавной линии на расстояние 400 м при подаче воды 7 л/с необходимо использовать прорезинен-

ные пожарные рукава диаметром 77 мм. Тогда фактический напор насоса мобильного средства пожаротушения (70 м) будет больше требуемого (57 м).

Данные таблицы должны стать надежным помощником для участников тушения пожара при принятии управленческих решений при транспортировании огнетушащих веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иваников В. П., Клюс П. П. Справочник РТП. — М. : Стройиздат, 1987. — 287 с.
2. Теребнев В. В., Смирнов В. А., Семенов А. О. Пожаротушение : справочник. — 2-е изд. — Екатеринбург : Изд-во "Калан", 2010.
3. Теребнев В. В., Тараканов Д. В., Грачев В. А., Теребнев А. В. Оперативно-тактические задачи. Часть I: Методика, примеры. — Екатеринбург : Изд-во "Калан", 2010.
4. Теребнев В. В. Расчет параметров развития и тушения пожаров. — Екатеринбург : Изд-во "Калан", 2011.
5. Теребнев В. В. Пожарная тактика. Понятие о тушении пожаров. — Екатеринбург : Изд-во "Калан", 2010.

*Материал поступил в редакцию 14 сентября 2011 г.
Электронные адреса авторов: tihan008@rambler.ru.*



Изательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу

**А. Я. Корольченко, Д. О. Загорский
КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ И ЗДАНИЙ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ
И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ. — М. : Пожнаука, 2010. — 118 с.**



В учебном пособии изложены принципы категорирования помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, содержащиеся в современных нормативных документах. На примерах конкретных помещений рассмотрено использование требований нормативных документов к установлению категорий. Показана возможность изменения категорий помещений путем изменения технологии или внедрения инженерных мероприятий по снижению уровня взрывопожароопасности и повышению надежности технологического оборудования и процессов.

Пособие рассчитано на студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям "Пожарная безопасность", "Безопасность технологических процессов и производств", "Безопасность жизнедеятельности в техносфере", студентов строительных вузов и факультетов, обучающихся по специальности "Промышленное и гражданское строительство", сотрудников научно-исследовательских, проектных организаций и нормативно-технических служб, ответственных за обеспечение пожарной безопасности.

121352, г. Москва, а/я 43;
тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: mail@firepress.ru



ООО “Издательство “Пожнаука”
121352, г. Москва, а/я 43
тел./факс: (495) 228-09-03, 737-65-74
e-mail: mail@firepress.ru, izdat_pozhnauka@mail.ru
<http://www.firepress.ru>

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

ООО “Издательство “Пожнаука” более 15 лет успешно работает в области информационного обеспечения. На страницах выпускаемой нами учебной, справочной, нормативной и научно-практической литературы публикуется информация для высококвалифицированных специалистов и руководителей. В наших изданиях Вы можете разместить сведения о продукции и услугах, предоставляемых Вашим предприятием.

Научно-техническая литература и периодика, выпускаемые ООО “Издательство “Пожнаука”, распространяются по всей территории Российской Федерации, в странах СНГ, Балтии и в ряде зарубежных стран.

Специализированный журнал “Пожаровзрывобезопасность”

Издается с 1992 г. Периодичность — 12 номеров в год. С октября 2001 г. журнал включен в Перечень периодических научных и научно-технических изданий РФ, рекомендуемых для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук. В статьях журнала рассматриваются теоретические вопросы и способы практического обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений, технологических процессов и оборудования.

Журнал “Пожарная безопасность в строительстве”

Издается с декабря 2004 г. Полноцветное рекламное научно-практическое издание. Публикует статьи рекламного и аналитического характера, модельный ряд, справочник по фирмам-производителям и услугам. Тематика Приложения посвящена проблемам комплексной безопасности строительных объектов, включая огнестойкость материалов и конструкций, пожаро- и взрывоустойчивость зданий и сооружений, новым технологическим решениям в области пожарной автоматики и сигнализации, а также проблемам сертификации и стандартизации.

Виды рекламы в журнале “Пожаровзрывобезопасность” и расценки на ее размещение

1. Реклама на обложке (полноцветная):

2-я полоса — 28 000 руб. + 1 черно-белая полоса бесплатно;
3-я полоса — 25 000 руб. + 1 черно-белая полоса бесплатно;
4-я полоса — 35 000 руб. + 2 черно-белых полосы бесплатно.

2. Рекламная статья: 1/1 черно-белой полосы — 15 000 руб.

3. Статья обзорно-аналитического, проблемного, научно-технического характера — бесплатно.

4. Рекламные вклейки:

Размер модуля	Стоимость полноцветного модуля, руб.
1/1 полосы (215 × 300 мм)	28 000
1/2 полосы (190 × 137 мм)	15 000

5. Реклама справочного характера (название компании, контактные данные, перечень предлагаемых услуг и продукции — 500 печатных знаков) — 2300 руб.

Тираж: 5000 экз.

Спецпредложение!

Для наших рекламодателей мы предоставляем возможность бесплатного распространения буклетов и листовок на выставках в г. Москве, в которых данный номер журнала будет принимать участие.

**ПРЕДЛАГАЕМ ВАМ СЛЕДУЮЩИЕ ИЗДАНИЯ
В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Октябрь 2011 г.

Авторы	Наименование	ISBN	Цена, руб./экз.
НОВИНКИ			
Книги написаны с учетом требований Федерального закона № 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”!			
	Своды правил. Системы противопожарной защиты. — 2009. — 618 с.	Электронная версия	500
	Федеральный закон “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”. — 2010. — 150 с.		220
Антоненко А. А., Буцынская Т. А., Членов А. Н.	Основы эксплуатации систем комплексного обеспечения безопасности объектов: учебно-справочное пособие. — 2010. — 220 с.	978-5-91444-017-3	380
Корольченко А. Я.	Пожарная опасность материалов для строительства: учебное пособие. — 2009. — 217 с.	978-5-91444-013-5	350
Корольченко А. Я., Загорский Д. О.	Категорирование помещений и зданий по взрыво-пожарной и пожарной опасности. — 2010. — 118 с.	978-5-91444-015-9	250
Корольченко А. Я., Корольченко Д. А.	Основы пожарной безопасности предприятия. Полный курс пожарно-технического минимума: учебное пособие. — 2011. — 320 с.	978-5-91444-021-X	350
Корольченко А. Я., Корольченко О. Н.	Средства огне- и биозащиты. — Изд. 3-е, перераб. и доп. — 2010. — 250 с.	БЕСПЛАТНО	
Корольченко Д. А., Громовой В. Ю.	Огнетушители. Устройство. Выбор. Применение. — 2010. — 94 с.	978-5-91444-014-02	140
Пилигин Л. П.	Прогнозирование последствий внутренних аварийных взрывов. — 2010. — 380 с.	978-5-91444-016-6	450
Смелков Г. И.	Пожарная безопасность электропроводок. — 2009. — 328 с.	978-5-9901554-2-8	540
Черкасов В. Н., Зыков В. И.	Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: ученое пособие. — 2010. — 430 с.	978-5-91444-020-3	470
Членов А. Н., Буцынская Т. А., Дровникова И. Г., Бабуров В. П., Бабурин В. В., Фомин В. И.	Технические средства систем охранной и пожарной сигнализации: учебно-справочное пособие: в 2 ч. — 2009. — Ч. 1. — 316 с.; Ч. 2. — 300 с.	978-5-91444-008-1	950
СУПЕРСКИДКИ			
Собурь С. В.	Заполнение проемов в противопожарных преградах: пособие. — Изд. 2-е, с изм. и доп. — 2006. — 168 с.	5-98629-005-4	90
Собурь С. В.	Пожарная безопасность: справочник. — Изд. 2-е, с изм. — 2005. — 292 с.	5-98629-001-1	50
Собурь С. В.	Пожарная безопасность сельскохозяйственных предприятий: справочник. — 2005. — 88 с.	5-98629-004-6	36
Собурь С. В.	Установки пожарной сигнализации: учебно-справочное пособие. — Изд. 5-е, с изм. и доп. — 2006. — 280 с.	5-98629-003-8	150
Собурь С. В.	Установки пожаротушения автоматические: справочник. — Изд. 4-е, с изм. — 2004. — 408 с.: ил.	5-98629-008-9	50

Авторы	Наименование	ISBN	Цена, руб./экз.
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Грачев В. А.	Транспорт: наземный, морской, речной, воздушный, метро: учебное пособие. — 2007. — 383 с.	5-903049-09-5	220
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Подгрушиный А. В.	Леса, торфяники, лесосклады. — 2007. — 358 с.	5-903049-12-5	220
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Подгрушиный А. В.	Объекты добычи, переработки и хранения горючих жидкостей и газов: учебное пособие. — 2007. — 325 с.	5-903049-11-7	220
Шароварников А. Ф., Шароварников С. А.	Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав. Свойства. Применение. — 2005. — 335 с.	5-903049-02-X	120
Бондарь В. А.	Электрооборудование для взрывоопасных и пожароопасных зон производств различных отраслей промышленности. — 2009. — 126 с.	978-5-91444-004-3	220
Брушлинский Н. Н., Корольченко А. Я.	Моделирование пожаров и взрывов. — 2000. — 492 с.		540
Грачев В. А., Поповский Д. В., Теребнев В. В.	Газодымозащитная служба: учебно-методическое пособие. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — 2009. — 328 с.	978-5-91444-007-4	350
Грачев В. А., Собурь С. В.	Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД): пособие. — Изд. 2-е, с изм. и доп. — 2007. — 224 с.: ил.	5-98629-006-2	345
Корольченко А. Я.	Процессы горения и взрыва: учебник. — 2007. — 266 с.: ил.	978-5-91444-001-2	450
Корольченко А. Я., Корольченко Д. А.	Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник; в 2 ч. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — 2004. — Ч. I. — 713 с.; Ч. II. — 774 с.	5-901283-02-3	2500
Корольченко А. Я., Корольченко О. Н.	Средства огнезащиты. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — 2009. — 560 с.: ил.	978-5-91444-010-4	540
Корольченко А. Я., Трушкин Д. В.	Пожарная опасность строительных материалов: учебное пособие. — 2006. — 232 с.	978-5-91444-006-7	250
Пилигин Л. П.	Обеспечение взрывоустойчивости зданий с помощью предохранительных конструкций. — 2000. — 224 с.: ил.	5-901283-03-1	240
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Грачев В. А.	Справочник спасателя-пожарного: справочник. — 2006. — 528 с.	5-91017-019-8	385
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Шадрин К. В.	Основы пожарного дела: учебное пособие. — 2006. — 328 с.	5-91017-016-3	390
Теребнев В. В., Грачев В. А., Теребнев А. В.	Организация службы начальника караула пожарной части: пособие. — 2007. — 216 с.: ил.	5-901520-06-8-006-2	340
Теребнев В. В., Грачев В. А., Шехов Д. А.	Подготовка спасателей-пожарных. Пожарно-строительная подготовка: учебно-методическое пособие. — 2008. — 350 с.	5-91017-019-9	460
Теребнев В. В., Подгрушиный А. В.	Пожарная тактика. Основы тушения пожаров. — 2008. — 512 с.	5-91017-019-8	595
Теребнев В. В., Теребнев А. В., Грачев В. А., Шехов Д. А.	Организация службы пожарной части: учебное пособие. — 2008. — 344 с.	5-98629-305-8	460

Авторы	Наименование	ISBN	Цена, руб./экз.
Теребнев В. В., Теребнев А. В., Подгрушиный А. В., Грачев В. А.	Тактическая подготовка должностных лиц органов управления силами и средствами на пожаре: учебное пособие. — 2006. — 304 с.	5-98135-004-0	330
Теребнев В. В., Шадрин К. В.	Подготовка спасателей-пожарных. Пожарно-профилактическая подготовка: учебное пособие. — 2007. — 270 с.	5-91017-019-8	420
	Электронная версия комплекта типовых инструкций по пожарной безопасности для руководителя предприятия		980

ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ!

ООО “Издательство “Пожнаука” объявляет подписку на 2012 г.

	Стоимость, руб.
1-е полугодие 2012 г.	
Обновленный полноцветный журнал “Пожаровзрывобезопасность” (6 номеров)	4950

Подписка осуществляется через следующие агентства:

Название организации	Телефон/факс	Адрес	Индекс в каталоге
Агентство подписки и розницы “АПР”	(495) 974-11-11	123995, г. Москва, просп. Маршала Жукова, д. 4	83647
Агентство “РОСПЕЧАТЬ”	(495) 921-25-50	123995, г. Москва, просп. Маршала Жукова, д. 4	83340
Агентство “ИНТЕР-ПОЧТА”	(495) 500-00-60, 684-55-34	129090, г. Москва, пер. Васнецова, д. 4, стр. 2	—
Агентство “УРАЛ-ПРЕСС ХХI”	(495) 789-86-37, 789-86-36	125040, г. Москва, ул. Нижняя Масловка, д. 11-13	—
Агентство “Артос-ГАЛ”	(495) 981-03-24	г. Москва, ул. 3-я Гражданская, д. 3, стр. 2	107564
ООО “Информнаука”	(495) 787-38-73, 152-54-81	125190, г. Москва, ул. Усиевича, д. 20	—
ЗАО “МК-ПЕРИОДИКА”	(495) 672-70-12, 672-72-34	111524, г. Москва, ул. Электродная, д. 10	—

Образец заявки для оформления заказа на литературу

Название организации (полностью), реквизиты (ИНН/КПП обязательно)
Наименование и количество заказываемой литературы
Вид доставки: • самовывоз; • почтовая (ВНИМАНИЕ! + 25 % от стоимости заказа)
Почтовый адрес, тел./факс, e-mail, контактное лицо

Для БЕСПЛАТНОГО получения справочника “СРЕДСТВА ОГНЕ-И БИОЗАЩИТЫ”:

1. Заполните все поля анкеты:

Название организации	
Профиль деятельности	
Почтовый адрес (индекс)	
Контактное лицо	
Должность	
Телефон рабочий	Код ()
Факс	Код ()
Способ получения (нужное отметить)	<input type="checkbox"/> Наложенным платежом (Вы оплачиваете только стоимость пересылки из г. Москвы до вашего города) <input type="checkbox"/> Курьером (по г. Москве) — стоимость 150 руб. <input type="checkbox"/> Самовывоз (со склада издательства “Пожнаука” в г. Москве)
Откуда узнали о справочнике (нужное отметить)	<input type="checkbox"/> Из журнала <input type="checkbox"/> Из интернет-рассылки <input type="checkbox"/> На выставке <input type="checkbox"/> На сайте издательства <input type="checkbox"/> Другое

2. Пришлите анкету удобным для Вас способом — по факсу или электронной почте.

***Желающие сделать заказ в “Издательстве “Пожнаука” (г. Москва)
могут отправить заявку в отдел распространения:***

- по почте: 121352, г. Москва, а/я 43;
- по тел./факсу: (495) 228-09-03, (495) 737-65-74, 8-909-940-63-94;
- по e-mail: mail@firepress.ru, izdat_pozhnauka@mail.ru



К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Направляемые в журнал “ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ” статьи должны представлять собой результаты научных исследований и испытаний, описания технических устройств и программно-информационных продуктов, проблемные обзоры и краткие сообщения, комментарии и собственно нормативно-технические документы, справочные материалы и т. п. Методы расчета и экспериментальные данные автора должны быть оформлены в соответствии с рекомендациями КОДАТА. Остальные численные данные, за исключением общезвестных величин, следует снабжать ссылками на первоисточник. Научные статьи должны иметь практическую направленность. В начале работы (например, во введении) целесообразно кратко изложить состояние проблемы и место в ней данной задачи. В конце публикации желательны краткие выводы с указанием научной новизны и практической полезности материала.

Редакция просит авторов при подготовке рукописи руководствоваться изложенными ниже правилами.

1. Статья должна быть представлена на бумажном и магнитном носителях или может быть послана в редакцию по электронной почте (mail@firepress.ru). Статья должна быть ясно изложена, тщательно отредактирована и подписана авторами.

2. Текст статьи должен быть напечатан через 2 интервала без помарок и вставок на одной стороне стандартного листа формата А4 с левым полем 3 см. При первой ссылке на рисунки и таблицы в тексте на полях проставляются их номера.

3. Материал статьи излагается в такой последовательности:

- номер УДК (универсальная десятичная классификация);
- название статьи (на русском и английском языках);
- имена, отчества и фамилии всех авторов (полностью), должности, степени, звания и название организации (полностью) (на русском и английском языках), фотографии авторов, контактные телефоны, почтовый и электронный адреса. Число авторов — не более трех от одной организации и не более четырех от разных организаций. Авторами являются лица, принимавшие участие во всей работе или ее главных разделах. Лица, участвовавшие в работе частично, указываются в сносках;
- аннотация (на русском и английском языках);
 - ключевые слова (на русском и английском языках);
- текст статьи;
- цитируемая литература;
- рисунки и подписи к ним.

4. Сокращения и условные обозначения физических величин должны соответствовать действующим международным стандартам. Формулы и буквенные обозначения должны быть четкими и ясными. При возможности неоднозначного понимания формул и обозначений: показатели и другие надстрочные знаки отмечаются простым карандашом дугой \cup , а подстрочные — дугой \cap ; заглавные буквы подчеркиваются двумя черточками снизу, строчные — сверху (например, \underline{Q} и \bar{O}); греческие буквы подчеркиваются красным карандашом. Все буквенные обозначения, входящие в формулы, должны быть расшифрованы с указанием единиц измерения. Размерность всех характеристик должна соответствовать системе СИ.

5. Иллюстрации (на бумажном носителе и электронные версии) прилагаются отдельно. Фотографии должны быть сделаны с хорошего негатива контрастной печатью (файлы растровых изображений представляются с разрешением не менее 300 dpi, черно-белая штриховая графика — 600 dpi). Файлы векторной графики представляются в формате той программы, где они созданы. Все иллюстрации должны иметь сквозную нумерацию. Чертежи в качестве иллюстраций не приемлемы.

6. Таблицы должны быть составлены лаконично и содержать только необходимые сведения, однотипные таблицы строятся одинаково. Цифровые данные следует округлять в соответствии с точностью эксперимента. Сведения в таблицах и на рисунках не должны повторяться.

7. Цитируемая литература должна быть оформлена в виде общего списка в порядке цитирования или по алфавиту. В тексте ссылка на литературу отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на языке оригинала. Библиографические данные приводятся по титульному листу издания. Порядок изложения элементов библиографического описания определяется требованиями ГОСТ 7.1–2003 и ГОСТ Р 7.0.5–2008.

8. Отклоненные статьи автору не возвращаются. Просьба редакции о переработке материала не означает, что он принят к печати.

9. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Приглашаем Вас к сотрудничеству на страницах нашего журнала.

Experimental Research of Processes of Films Liquid Fuels Ignition by Single Ceramic Particle Heated to High Temperatures

Kuznetsov G. V., Dr. of Physics-Mathematics, Professor of National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Zakharevich A. V., Cand. of Physics-Mathematics, Chief Lecturer of National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Maksimov V. I., Cand. of Technics, Associate Professor of National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Pashin A. A., Undergraduate of National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

The results of experimental study of laws governing the ignition of the liquid propellants (kerosene and diesel fuel) films by the single ceramic particle heated to high temperatures are presented. Is carried out the comparison of the delay times the ignition flammable of the substances being investigated by ceramic and metallic particles. It is established that the delay time of ignition by ceramic particle considerably exceeds analogous times for the metal particles.

Keywords: experimental researches; liquid fuel; ceramic particle; ignition delay time; particle temperature.

The Structural Changes of the Composition Materials in the Thermal Influence Conditions

Zagoruiko T. V., Ph. D., Senior Lecturer of the Chair of Applied Mathematics and Engineering Graphics of the Institute of State Firefighting Service of Emercome RF on Scientific Work, Voronezh, Russia

The results of elaboration of multi-component materials for increasing the fire-resistance of multiple stair-welled thin-walled reinforced concrete carrying constructions are presented. Testing of the received compositions showed high heat resistance.

Keywords: breaking point of constructions' fire resistance; heat-resistance of concrete; shungit.

Propensity of Combustible Materials to Spontaneous Combustion. Environmental-Criminalistic Aspect

Lebedev A. Yu., Postgraduate Student of Faculty Training and Retraining of Scientific and Pedagogical Staff of Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercome RF, Saint-Petersburg, Russia

Sobkalov A. V., Research Assistant of Faculty Training and Retraining of Scientific and Pedagogical Staff of Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercome RF, Saint-Petersburg, Russia

Ivahnyuk G. K., Dr. of Chemistry, Professor, Laureate of the Government of the Russian Federation in the Field of Science and Technology, Professor of Department of Fire Safety Technological Processes and Production of Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercome RF, Saint-Petersburg, Russia

The paper is devoted to environmental and criminalistic aspects of forecasting the conditions of thermal spontaneous combustion and thermal degradation of thermoplastic and thermosetting organic materials. A method for utilization of industrial solid waste and communications, with the subsequent acquisition of additional commercial products of environmental and industrial applications. For the purposes of research and expertise of fires proposed a comprehensive method of studying carbon residuum, is to examine the texture of their surfaces by optical and electron microscopy, the nature of surface oxides and adsorption of water vapor as a function of temperature and nature of the gaseous medium.

Keywords: the conditions thermal spontaneous combustion; thermoplastic and thermosetting materials; method of utilization of thermoplastic materials; investigation of carbon residuum after the fire.

About Fire Safety of the Materials Used for Manufacturing External Contour of Aircrafts

Barbotko S. L., Cand. of Technics, Head of Laboratory of Federal State Unitary Enterprise "All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials" (VIAM) SSC RF, Moscow, Russia

Shurkova E. N., Engineer of Federal State Unitary Enterprise "All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials" (VIAM) SSC RF, Moscow, Russia

Use for an external contour of aviation passenger technics of polymeric composite materials (PCM) instead of aluminium alloys allows to increase of economic efficiency of an air transport due to reduction in its weight, but can simultaneously change safety of all design. It is shown in this connection necessity of the analysis of probable consequences at transition to other type of materials. The estimation is given to possible change of fire safety characteristics at large-scale use PCM in designs of an external contour of wide-body passenger aircrafts.

Keywords: fire safety; polymer composite material; fuselage; aircraft.

Fire Retardants for Porous Materials

*Antsupov E. V., Cand. of Physics-Mathematics,
Leading Research Assistant of the Institute of
Combustion Problems, Alma-Ata, Republic Kazakhstan*

*Rodivilov S. M., Senior Research Assistant
of the Institute of Combustion Problems, Alma-Ata,
Republic Kazakhstan*

The effect of fire retardants and their combinations on combustibility degradation of porous materials (paper, wood, cloth) is considered. Fire extinguishing concentrations of fire retardant water solutions are determined. It is demonstrated that effective fire retardants have low melting or decomposition temperatures, inhibition of porous materials burning take place in the gas phase, mixtures of ammonium salts and alkaline metal carbonates have an additive effect, antagonism shows up in case of mixtures of ammonium and alkaline metal salts.

Keywords: fire retardants; fire retardance; wood; paper; inhibition; inorganic salts.

On Mechanism of Fire Retardant Intumescence Coating Formation

*Khalturinskiy N. A., Dr. of Chemistry, Professor,
Head Research Assistant of N. N. Semenov Institute
of Chemical Physics of Russian Academy of Sciences
(ICP RAS), Moscow, Russia*

*Krupkin V. G., Dr. of Physics-Mathematics,
Leading Research Assistant of N. N. Semenov Institute
of Chemical Physics of Russian Academy of Sciences
(ICP RAS), Moscow, Russia*

Main forming intumescence coating functions considered, their interaction at high-temperature decomposition, formation

intumescence layer required for the reliable thermo-isolation of protectable surfaces.

Keywords: intumescence coating; fire retardation.

About Singularities of a Finding of Pareto-Optimal Variants in Solving Multi-Parameter Choices

*Tarantsev A. A., Dr. of Technics, Professor,
the Honored Worker of the Higher School
of the Russian Federation, Professor of
Saint-Petersburg University of Fire-Prevention
Service of Emercom RF, Saint-Petersburg, Russia*

The problems of applying the method of V. Pareto in solving multi-parameter choices with reference to various parameters of importance.

Keywords: multi-parameter optimization; selection of options.

Calculation of Parameters of Pump Hose Systems

*Terebnev V. V., Cand. of Technics, Senior Lecturer,
the Honored Worker of the Higher School
of the Russian Federation, Professor of Fire-Front
and Gas-Smoke Protective Training Chair of SFS
Academy of Emercom RF, Moscow, Russia*

*Atamanov T. N., Engineer of Fire Safety, Listener
of a Magistracy of SFS Academy of Emercom RF,
Moscow, Russia*

New tables for calculations of parameters of pump hose systems at transportation and giving of fire extinguishing substances are offered.

Keywords: mobile fire extinguishing means; pump installation for mobile fire extinguishing means; pressure fire hose; flow rate; pressure; steps of pumping.

Председатель Редакционного совета:

д.т.н., профессор, академик МАНЭБ
А. Я. Корольченко

Зам. председателя Редакционного совета:

д.т.н., профессор, член-корреспондент НАНПБ
Ю. М. Глуховенко

д.т.н., профессор, академик Нью-Йоркской академии наук
В. В. Мольков

д.т.н., профессор В. П. Назаров

Редакционный совет:

д.т.н., профессор, действительный член НАНПБ,
заслуженный деятель науки РФ А. Н. Баратов

д.т.н., профессор Н. М. Барбин

д.т.н., профессор, академик РАЕН,
заслуженный деятель науки РФ Н. Н. Брушинский

к.т.н., профессор Е. Е. Кирюхантцев

к.т.н. Д. А. Корольченко

к.т.н. В. А. Меркулов

д.т.н., профессор, академик РАЕН
А. В. Мишуев

д.т.н., профессор, действительный член НАНПБ
В. М. Ройтман

д.т.н., профессор,
действительный член НАНПБ Б. Б. Серков

д.т.н., профессор, член-корреспондент НАНПБ
С. В. Пузач

д.т.н., профессор, академик РАЕН, НАНПБ
Н. Г. Топольский

д.т.н., член-корреспондент МАНЭБ
Н. А. Тычино

д.т.н., профессор, действительный член НАНПБ
Ю. Н. Шебеко

профессор Т. Дж. Шилдс

д.т.н., профессор, академик и почетный член РАЕН
В. В. Холщевников

Редакция:

Главный редактор журнала

д.т.н., профессор, академик МАНЭБ
А. Я. Корольченко

Шеф-редактор
Н. Н. Соколова

Редактор
Л. В. Крылова

Chairman of Editorial Council:

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of International Academy
of Ecology and Life Safety A. Ya. Korolchenko

Deputy of Chairman of Editorial Council:

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Corresponding Member
of the National Academy of Fire Science Yu. M. Gluhovenko

Dr.Sc.(Eng.), Professor, an Active Member of the New-York Academy
of Sciences V. V. Molkov

Dr.Sc.(Eng.), Professor V. P. Nazarov

Editorial Council:

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy
of Fire Science, the Honoured Scientist of the Russian Federation
A. N. Baratov

Dr.Sc.(Eng.), Professor N. M. Barbin

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy
of Natural Sciences, the Honoured Scientist of the Russian
Federation N. N. Brushlinsky

Cand.Sc.(Eng.), Professor E. E. Kiryuhantsev

Cand.Sc.(Eng.) D. A. Korolchenko

Cand.Sc.(Eng.) V. A. Merkulov

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy
of Natural Sciences A. V. Mishuev

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy
V. M. Roitman

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy
of Fire Science B. B. Serkov

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Corresponding Member
of the National Academy of Fire Science S. V. Puzach

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy
of Natural Sciences, National Academy of Fire Science
N. G. Topolskiy

Dr.Sc.(Eng.), Corresponding Member of International Academy
of Ecology and Life Safety N. A. Tyichino

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy
of Fire Science Yu. N. Shebeko

Professor Thomas Jim Shields

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician and the Honoured Member
of the Russian Academy of Natural Sciences
V. V. Kholshchevnikov

Editorial Office:

Deputy Editor-in-Chief

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of International Academy
of Ecology and Life Safety A. Ya. Korolchenko

Editor-in-Chief
N. N. Sokolova

Editor
L. V. Krylova

Учредитель – ООО “Издательство “Пожнauка”

Тел./факс: (495) 228-09-03, (495) 737-65-74, 8-909-940-63-94

121352, г. Москва, а/я 43

E-mail: mail@firepress.ru, izdat_pozhnauka@mail.ru

<http://www.firepress.ru>

ISSN 0869-7493



9 770869 749006

Подписано в печать 07.10.11.

Формат 60×84 1/8. Тираж 5000 экз.

Бумага офсетная №1. Печать офсетная.

Отпечатано в типографии “ГранПри”, г. Рыбинск

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Здравствуйте, наши дорогие читатели!

В связи с большим числом соискателей ученых степеней доктора и кандидата наук, статьи которых необходимо публиковать в журнале, входящем в Перечень ВАК, а также в целях улучшения качества журнала "Пожаровзрывобезопасность" редакцией принято решение об объединении журналов "Пожаровзрывобезопасность" и "Пожарная безопасность в строительстве". **С января 2012 г. Вы увидите обновленный полноцветный журнал объемом 100 страниц**, в котором найдете все уже знакомые Вам рубрики.

Члены Редколлегии также выступили с предложением о публикации тематических номеров, первый из которых планируется посвятить проблемам нормирования в пожарной безопасности.



ПЕРСОНАЛЬНАЯ ПОДПИСКА на журнал *Пожаровзрыво- БЕЗОПАСНОСТЬ*

КУПОН '2012

Издание	Цена подписки, руб.	Количество экземпляров	Стоимость подписки, руб.
Журнал "Пожаровзрывобезопасность" (1-е полугодие 2012 г.)	4950		

- Укажите в таблице количество экземпляров, которое Вам необходимо. В связи с введением обязательного составления счетов-фактур при совершении операций по реализации просим заполнить карточку на обороте купона. Эти сведения необходимы для подготовки и высылки Вам счета-фактуры.
- Заполненный купон и копию платежного поручения вышлите по тел./факсу (495) 737 65 74 или по e-mail: mail@firepress.ru в отдел распространения. Проследите, пожалуйста, чтобы были высланы **обе стороны** купона.
- Оплату за подписку Вы можете произвести по следующим реквизитам:
ООО "Издательство "ПОЖНАУКА"
Почтовый адрес: 121357, г. Москва, а/я 43
ИНН / КПП 7731652572 / 773101001
Р/с 40702810930130056301 в ОАО "Промсвязьбанк" г. Москва
К/с 30101810600000000119
БИК 044583119
Главный редактор — Корольченко Александр Яковлевич

**По вопросам подписки просьба обращаться по телефонам
(495) 228-09-03, 737-65-74**

ПОДПИСКА ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ:

через ООО "Издательство "Пожнаука";

через агентство "РОСПЕЧАТЬ", индекс 83340;

через агентство "АПР", индекс 83647

(в любом почтовом отделении в каталоге
"Газеты и журналы");

через подписные агентства:

ООО "Интер-почтa", ООО "Урал-Пресс XXI",

ООО "Артос-ГАЛ", ООО "Информнаука", ЗАО "МК-ПЕРИОДИКА"

Издательство “Пожнаука” предлагает Вам оформить подписку на журнал “Пожаровзрывобезопасность” на 1-е полугодие 2012 г.

Подписка на полугодие включает в себя шесть номеров журнала “Пожаровзрывобезопасность”. Стоимость полугодовой подписки составляет 4950 руб. (НДС — 0 %).

Приглашаем Вам принять участие в формировании облика обновленного журнала. Ждем Ваших предложений по тематике номеров и публикаций на волнующие Вас темы. Надеемся на длительное и плодотворное сотрудничество!



Карточка учета сведений о подписчике

Полное наименование фирмы (в соответствии с учредительными документами)	
Идентификационный номер (ИНН)	
Код отрасли по ОКОНХ	
Код отрасли по ОКПО	
Полное наименование банка	
Местонахождение банка	
БИК	
Расчетный счет	
Корсчет	
Юридический адрес (в соответствии с учредительными документами)	
Фактический адрес	
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС	
Индекс	
Область, край	
Город	
Улица	
Дом	
Телефон	
Факс	
Контактное лицо	
Телефон контактного лица	



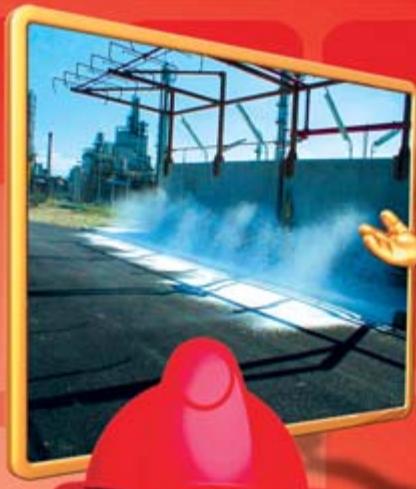
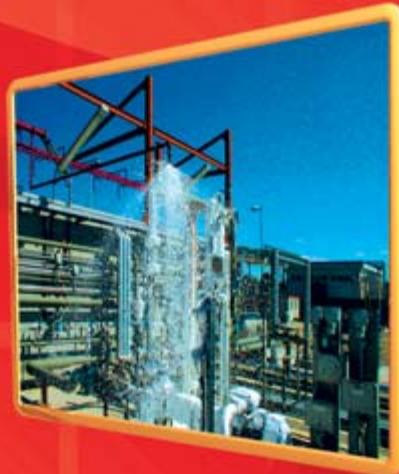
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ

121352, г. Москва,
ул. Давыдковская, д. 12, стр. 3
Тел./факс: (495) 735-28-13
E-mail: gefest-fire@mail.ru
www.gefestnpk.ru

ПЕНООБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Шторм-М 3/6

**высокоэффективный
пленкообразующий
синтетический
фторсодержащий
пенообразователь**
типа AFFF специального назначения
для получения пены низкой, средней
и высокой кратности.



Низкая кратность способствует быстрому образованию водяной пленки, которая самопроизвольно растекается по поверхности. Пенообразователь может подаваться на большие расстояния и использоваться со стандартной российской техникой для получения пены средней кратности. С помощью пенообразователя можно получать пену высокой кратности на генераторах без принудительного наддува, это придает ему универсальность использования.

ISSN 0869-7493



9 770 869 749 006