

ПОЖАРОВЗРЫВО БЕЗОПАСНОСТЬ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ 6'2010

Новые технологии локализации
розливов нефти на море

Влияние температуры окружающей среды
на процесс испарения нагретой жидкости
с поверхности аварийного пролива

Количественная оценка величины
пожарного риска



Расчет фактического времени эвакуации
людей из помещения

Первичная оценка огнезащитных свойств
вспучивающихся покрытий на основе
различных водных дисперсий

Распространение пламени
тополиным пухом

СОДЕРЖАНИЕ**CONTENTS****НОВОСТИ, КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ**

Информационное письмо о VI Международной конференции "Полимерные материалы пониженной горючести", 14–18 марта 2011 г., ВоГТУ, г. Вологда, Россия

2**NEWS, CONFERENCES, EXHIBITIONS**

Information Letter about VI International Conference "Low Combustibility Polymeric Materials", 14–18 March 2011, VoSTU, Vologda, Russia

ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ

Полетаев Н. Л. О распространении пламени тополиным пухом

4**COMBUSTION PROCESSES**

Poletaev N. L. About Fire Spread by Poplar Seed Tufts

ОГНЕЗАЩИТА

Балакин В. М., Селезнев А. М., Белоногов К. В. Первичная оценка огнезащитных свойств вспучивающихся покрытий на основе различных водных дисперсий

14

Тимофеева С. В., Осипов А. Е., Хелевина О. Г. Создание защитных материалов пониженной пожарной опасности модифицированием силоксановых покрытий соединениями бора

19**FIRE RETARDANCE**

Balakin V. M., Seleznev A. M., Belonogov K. V. Primary Rating of Fire-Retardant Characteristics of Foamed Coats on a Basis of Different Water Dispersions

Timofeyeva S. V., Osipov A. E., Khelevina O. G. Fireproof Protective Materials. Modification of Siloxan Covering of Protective Materials by Compounds of Boron

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Долгова М. А., Галеев А. Д., Поникаров С. И. Влияние температуры окружающей среды на процесс испарения нагретой жидкости с поверхности аварийного пролива

23**FIRE-AND-EXPLOSION SAFETY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES**

Dolgova M. A., Galeev A. D., Ponikarov S. I. Influence of Ambient Temperature on Heated Liquid of Evaporation Process from the Surface of Emergency Spillage

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ОБЪЕКТОВ

Корольченко А. Я., Бушманов С. А. Количественная оценка величины пожарного риска

27

Зыков В. И., Иванников А. П., Левчук М. С. Функционирование системы мониторинга безопасности объектов в составе ЕДДС

30

Седов Д. В. Уточнение условий обеспечения пожарной безопасности объектов защиты

39**FIRE SAFETY OF BUILDINGS, STRUCTURES, OBJECTS**

Korolchenko A. Ya., Bushmanov S. A. Quantitative Assessment of Fire Risk Value

Zykov V. I., Ivannikov A. P., Levchuk M. S. Functioning of System of Monitoring of Safety of Objects in Structure Edds

Sedov D. V. Correction of Fire Safety Ensuring Conditions for Defense Objects

БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ

Бараховская О. В., Перевалов А. С. К вопросу о расчете фактического времени эвакуации людей из помещения

41**FIRE SAFETY OF PEOPLE**

Barakhovskaya O. V., Perevalov A. S. On Calculation of Actual Time of Evacuation of People from a Premise

ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

Ватагин В. С. Системное видеонаблюдение и охранно-пожарная сигнализация в комплексной системе безопасности объектов для предотвращения ЧС и террористических актов

48

ЗАО "ПО "Спецавтоматика". Время работы на рынке — надежный критерий качества

54**FIRE AUTOMATIC**

Vatagin V. S. System Video Control and Fire Safety Alarm System in the Complex Safety of Objects to Prevent the Hazard Situations and Terrorist Acts

CSC "Production Association "Spetsavtomatika". Years of Work on the Market — Sure Performance Criterion

ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА

Захматов В. Д., Щербак Н. В. Новые технологии локализации розливов нефти на море

56**FIRE ENGINEERING**

Zahmatov V. D., Shcherbak N. V. Modern Technologies for Liquidation of Oil Spreads at the Sea

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ. СПРАВОЧНИК**64****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 представленных в редакцию материалов и публикацию их в открытой печати.

Российская академия наук
 Министерство образования и науки
 Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны,
 чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
 Правительство Вологодской области
 Отделение химии и наук о материалах РАН
 Институт химической физики им. Н. Н. Семенова РАН
 Академия Государственной противопожарной службы МЧС России
 Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России
 Московский государственный строительный университет
 Вологодский государственный технический университет

14–18 марта 2011 г. проводит VI Международную конференцию “ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПониЖЕННОЙ ГОРЮЧЕСТИ”

Место проведения: г. Вологда, ВоГТУ, ул. Ленина, д. 15

Программный комитет:

Председатель:

Берлин А. А. Академик РАН, директор ИХФ РАН

Сопредседатель:

Соколов Л. И. Профессор, ректор ВоГТУ

Заместители председателя:

Халтуринский Н. А. Профессор, ИХФ РАН

Алешков М. В. Заместитель начальника
Академии ГПС МЧС России
по научной работе

Организационный комитет:

Аскадский А. А. Профессор, ИНЭОС РАН

Богданова В. В. Профессор, НИИ ФХП БГУ,
Белоруссия

Гарашенко А. Н. Доцент, ЦНИИСМ

Дебердеев Р. Я. Профессор, КХТИ

Екимовский В. В. Начальник Главного управления
МЧС России по Вологодской обл.

Профессор, ИБХФ РАН

Заиков Г. Е. Профессор, МГСУ

Корольченко А. Я. Профессор, МГСУ

Копылов Н. П. Начальник ВНИИПО МЧС России

Профессор, СПбГТУ

Нелюбин Б. В. Профессор, НПО “ЙодоБром”,
Украина

Новаков И. А. Чл.-кор. РАН, ректор Волг. ГТУ

Панова Л. Г. Профессор, Саратовский ГТУ

Серков Б. Б. Профессор, Академия ГПС МЧС
России

Профессор, СПбГТУ

Сиротинкин Н. В. Профессор, Волг. ГТУ

Тужиков О. И.

Чалых А. Е. Зам. академика-секретаря ОХНМ
РАН, профессор

Ученые секретари:

Попова М. Н. ВоГТУ (г. Вологда)

Рудакова Т. А. ИСПМ РАН (г. Москва)

Сивенков А. Б. Академия ГПС МЧС России
(г. Москва)

Программная комиссия:

Председатель:

Халтуринский Н. А. Профессор, ИХФ РАН

Асеева Р. М. Профессор, Академия ГПС МЧС
России

Крупкин В. Г. Д-р физ.-мат. наук, ИХФ РАН

Плеханов А. А. Проректор по научной работе
и инновационному развитию
ВоГТУ

Хомко Е. В. Доцент СПбГТУ

Секретари:

Алымова С. А. НТИ ПЛС ВоГТУ (г. Вологда)

Суворова Г. Н. НТИ ПЛС ВоГТУ (г. Вологда)

Основные направления научной программы

- Термоокислительная деструкция и пиролиз полимеров
- Теория горения полимерных материалов
- Механизм действия и синтез новых высокоэффективных ингибиторов горения полимеров
- Разработка новых полимерных материалов и композиций пониженной горючести
- Экологическая и противопожарная безопасность материалов и конструкций
- Техника и методы оценки пожарной безопасности полимерных материалов
- Анализ чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера

Программа конференции включает серию лекций, докладов (пленарных, устных и стендовых), дискуссий и стендовых сессий, подведение итогов заявленного оргкомитетом конкурса на лучшую работу молодых ученых.

Желающим принять участие в работе конференции необходимо не позднее **15 сентября 2010 г.** направить заявку на участие в конференции на электронную почту оргкомитета conf@vstu.edu.ru.

Доклады и копии платежного поручения в адрес оргкомитета должны быть направлены не позднее **15 ноября 2010 г.**

Правила оформления материалов

- Материалы представляются по электронной почте.
- Текст должен быть набран в редакторе Word for Windows (версия 6.0, русская редакция) шрифтом "Times New Roman Cyr" с высотой шрифта 14, межстрочный интервал 1,5.
- Поля страницы: слева — 2,5 см, справа — 1,5 см, сверху и снизу — 2 см.
- Формулы набираются в MS Equation 2.0.
- Рисунки и схемы в тексте должны быть сгруппированы.

Порядок печати

Название статьи по центру без переноса жирным шрифтом строчными буквами, через интервал инициалы и фамилия автора строчными буквами, например: *А. А. Петров*, через интервал полное название учебного заведения (организации), далее через интервал текст, в конце статьи привести список литературы (не более 2–3 наименований).

За содержание докладов ответственность несут авторы. Программный комитет имеет право отклонить доклад. Все материалы публикуются в авторской редакции.

Оргвзнос за участие в конференции и публикацию одного доклада объемом от 3 до 5 стр. составляет 1200 руб. Для заочных участников, студентов и аспирантов — 450 руб. За каждую дополнительную страницу — 100 руб.

За участие без публикации доклада оргвзнос можно внести при регистрации.

Банковские реквизиты

ИНН 3525027110 КПП 352501001 УФК по Вологодской области (ВоГТУ л/с 03301А38060) р/с 40503810100001000206 ОКАТО 19401000000 ГРКЦ ГУ Банка России по Вологодской области г. Вологда БИК 041909001. Код дохода 07330201010010000130 п.р.1 с обязательным указанием "Образовательные услуги. Участие в конференции" и ф. и. о. участника.

Адрес проведения конференции

160035, г. Вологда, ул. Ленина, д. 15, Вологодский государственный технический университет, корпус 5, актовъ зал.

Проживание участников конференции будет организовано в гостиницах г. Вологды (стоимость от

600 руб. в двух-, трехместных номерах) и в профилактории университета (стоимость 400 руб.).

Справки по телефонам

В г. Москве

8-495-939-72-95 — Крупкин Владимир Герцович, krupkin@chph.ras.ru
8-916-174-52-44 — Сивенков Андрей Борисович, sivenkov01@mail.ru
8-495-332-58-18 — Рудакова Татьяна Алексеевна

В г. Вологде

8-921-234-49-90 — Попова Марина Николаевна, popovavologda@yandex.ru
8-172-72-14-35 (доб. 341) — Алымова Светлана Александровна, Сорокина Галина Николаевна, conf@vstu.edu.ru

Предварительная программа конференции

14 марта — заезд участников, регистрация.

15 марта — пленарное заседание, работа по секциям, выставка, экскурсия по г. Вологде, ужин.

16 марта — продолжение работы секций, стендовые доклады, посещение Спасо-Прилуцкого монастыря, культурная программа.

17 марта — продолжение работы конференции, подведение итогов заявленных оргкомитетом конкурсов, программа МЧС г. Вологды.

18 марта — подведение итогов конференции, экскурсия в Ферапонтово и Кириллов, отъезд.

ЗАЯВКА НА УЧАСТИЕ В КОНФЕРЕНЦИИ

Ф. И. О. _____
Должность _____
Наименование организации _____
Почтовый адрес _____
Адрес для рассылки сборника _____
Телефон _____
Факс _____
E-mail _____
Наименование доклада _____
Необходимые технические средства для демонстрации доклада _____
Прошу забронировать место в гостинице (да, нет) _____
Заочное участие _____
Платежным поручением (или квитанция) № _____ от _____ 20__ г.
Перечислено _____ руб.



Н. А. Полетаев

д-р техн. наук, ФГУ ВНИИПО МЧС России,
г. Москва, Россия

УДК 614.841.4

О РАСПРОСТРАНЕНИИ ПЛАМЕНИ ТОПОЛИНЫМ ПУХОМ

Экспериментально исследованы форма пламени и скорость его распространения в отложениях тополиного пуха (с диаметром волокон около 6 мкм) на плоскости, в полукрытых трубах из стекла и в трубе из металлической сетки, а также показатели взрыва отложения тополиного пуха в герметичной квазисферической камере объемом 18,7 дм³. Обоснована возможность использования понятия нормальной скорости горения для отложений пуха. Видимая скорость пламени в непрямом отложении пуха естественной плотности (близка к стехиометрической) в горизонтальном направлении не зависела от варианта испытаний, совпадала с нормальной скоростью горения и составила 0,3 м/с. При движении пламени снизу вверх обнаружено два режима горения с видимой скоростью пламени 0,4 и 0,8 м/с соответственно. Взрыв отложения тополиного пуха в герметичной камере характеризуется максимальным избыточным давлением 550 кПа и максимальной скоростью нарастания давления взрыва 10 МПа/с. Приведено объяснение некоторых особенностей горения тополиного пуха, учитывающее специфику исследованной двухфазной горючей смеси.

Ключевые слова: тополиный пух, скорость распространения пламени, форма пламени, взрыв отложений тополиного пуха.

Введение

Тополиная пушинка состоит из семени тополя и окутывающего его легкого волокнистого материала, способствующего увлечению семени воздушными потоками. Осевшие на землю пушинки сбиваются ветром в сплошные слои, имеющие толщину порядка нескольких сантиметров и покрывающие площади в десятки и сотни квадратных метров. Подобные отложения тополиного пуха легко воспламеняются от горящей спички, способствуя быстрому распространению пламени по всей его площади. В соответствии с действующими нормами случаи горения тополиного пуха не подлежат учету, однако большое количество пожаров, инициированных горением тополиного пуха, а также имевший место взрыв скопления тополиного пуха в вентиляционной системе одной из московских прачечных свидетельствуют о необходимости научного исследования процесса распространения пламени отложениями тополиного пуха.

Несмотря на частое упоминание о пожарной опасности тополиного пуха в газетных сообщениях, попытки отыскать в научной литературе достоверную информацию о результатах исследования процесса распространения пламени отложениями тополиного пуха не имели успеха. В частности, не были

найжены данные ни по скорости распространения такого пламени, ни по показателям взрывного горения тополиного пуха в герметичном объеме. Ответам на эти вопросы и посвящена настоящая работа.

Описание объекта исследования

Изучение структуры тополиного пуха показало, что отдельная пушинка, имеющая характерный размер около 10 мм, состоит из тополиного семени размером около 1,5 мм, с поверхности которого берут начало окутывающие его многочисленные переплетающиеся между собой волокна. Каждое волокно имеет длину до нескольких сантиметров и состоит из спаренных, слегка закрученных (одна вокруг другой) цилиндрических нитей диаметром около 4 мкм каждая. Здесь и в дальнейшем рассматривается тополиный пух, подсушенный в условиях лабораторного помещения при комнатной температуре в течение нескольких недель.

При зажигании одиночной пушинки происходит полное выгорание волокон, слабо затрагивающее семя тополя и сопровождающееся образованием в основном газообразных продуктов горения. В результате выжигания волокон удалось выяснить, что массовые доли волокон и семян в тополином пухе совпадают с относительной точностью примерно 10 %.

© Полетаев Н. А., 2010

Логично было бы предположить, что по своему химическому составу волокна тополиного пуха близки к целлюлозе, представляющей собой полимер вида $(C_6H_{10}O_5)_n$. В этом случае оценка стехиометрической среднееобъемной концентрации волокон в воздухе нормального состава при комнатной температуре дает значение $\rho_{ст}$, равное $0,24 \text{ кг/м}^3$.

Минимальная плотность непряматого “ковра” из тополиного пуха составляет $\rho_{min} = (0,6 \pm 0,1) \text{ кг/м}^3$ и определяется природной степенью распушения волокнистого материала в сочетании с естественными зазорами между соседними пушинками при формировании слоя путем свободного оседания отдельных пушинок под действием гравитации. Здесь и в дальнейшем под плотностью пуха в конкретной точке отложения понимается усредненное по окрестности данной точки значение параметра. Усреднение производится таким образом, чтобы исключить изменения параметра, связанные с естественной неоднородностью распределения пушинок в пространстве. Плотность волокон в отложении пуха минимальной плотности составляет $(0,3 \pm 0,05) \text{ кг/м}^3$, т. е. близка к стехиометрической. Плотность “ковра” из тополиного пуха не может быть ниже ρ_{min} , но может быть увеличена в широком диапазоне путем необратимого уплотнения волокон.

Уплотнение волокон пуха происходит под действием весьма малых нагрузок. Для исследования закономерностей уплотнения ставился следующий эксперимент. Отрезок трубы диаметром $0,1 \text{ м}$ и высотой $0,12 \text{ м}$ с заглушенным нижним торцом заполняли тополиным пухом, который уплотняли, помещая на него сверху плоский груз-поршень, представляющий собой набор из нескольких вырезанных из бумаги круглых дисков. Количественный анализ одномерного уплотнения пуха (вплоть до 6-кратного) привел к следующей оценке зависимости плотности пуха в произвольном слое отложения от приложенного к поверхности этого слоя давления P (отношения веса груза к его площади):

$$\rho/\rho_{min} = 1 + P/P_1, \quad (1)$$

где $P_1 = (1,5 \pm 0,2) \text{ Па}$.

Уплотнение пуха под давлением $P \leq 5P_1$ является необратимым, так как после снятия нагрузки восстановление утраченной слоем пуха высоты происходит менее чем на 10%. На дальнейшее уплотнение ($P > 5P_1$) слой пуха реагирует как пружина и после удаления груза восстанавливает высоту до состояния 6-кратного уплотнения.

Из-за малого значения P_1 даже в непряматом “ковре” небольшой высоты может происходить заметное увеличение плотности нижних слоев пуха под действием веса верхних слоев, что, в частности, приходилось учитывать при обработке резуль-

татов описанного выше эксперимента. Изменение давления P на слой пуха с ростом глубины его залегания h описывается уравнением

$$dP/dh = \rho g, \quad (2)$$

где ρ — плотность пуха, кг/м^3 ;

g — ускорение силы тяжести; $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

Решение уравнения (2) с учетом (1) приводит к следующей зависимости плотности горизонтального слоя пуха от глубины его залегания в непряматом “ковре” высотой H :

$$\rho = \rho_{min} \exp(g\rho_{min} h/P_1). \quad (3)$$

На верхней границе непряматого “ковра” ($h = 0$) плотность пуха имеет минимальное значение ρ_{min} . На нижней границе ($h = H$) плотность пуха максимальна и будет расти с увеличением высоты “ковра” H . В частности, уже при $H = 0,04 \text{ м}$ относительное различие плотности пуха по высоте достигает 15%.

Движение потока воздуха внутри отложения пуха испытывает со стороны последнего сопротивление, которое потребуется учитывать при анализе газодинамических особенностей горения тополиного пуха. Для оценки данного сопротивления рассмотрим взаимодействие горизонтального слоя пуха с вертикальным потоком воздуха. Уравнение (2) для изменения давления P на слой пуха с увеличением глубины его залегания в отложении для рассматриваемой задачи следует дополнить слагаемым, учитывающим силовое взаимодействие потока воздуха и отложения:

$$dP/dh = \rho g + \rho V/\tau, \quad (4)$$

где V — средняя скорость потока воздуха в отложении пуха, м/с ;

τ — константа, с.

С учетом имеющегося опыта [2] выбор зависимости дополнительного слагаемого от переменных параметров задачи основывался на следующих предположениях. Движение воздуха в слое пуха происходит по не загроможденным волокнами общающимся областям пространства между соседними пушинками и носит ламинарный характер. При сжатии отложения пуха должна быть корреляция между естественным повышением плотности пуха и возникающим (из-за уменьшения зазоров между пушинками) увеличением сопротивления потоку воздуха.

Скорость оседания отдельной пушинки под действием гравитации в воздухе при атмосферном давлении и комнатной температуре составляет $V_g \approx 0,1 \text{ м/с}$. Следовательно, при $V = -V_g$ следует ожидать $dP/dx \approx 0$, откуда в соответствии с (4)

$$\tau = V_g/g \approx 10^{-2} \text{ с}. \quad (5)$$

Оценка точности дополнительного слагаемого в уравнении (4) производилась на основе результатов следующего эксперимента. Нижняя часть вертикальной трубы с внутренним диаметром 0,1 м заполнялась непряматым тополиным пухом массой $m \leq 10^{-3}$ кг. Выходу пуха из трубы препятствовала сетка на нижнем торце трубы. Труба продувалась сверху потоком воздуха с постоянной скоростью V от 0,1 до 0,3 м/с, под действием которого отложение пуха сжималось до высоты H . Совместное численное решение (1) и (4) с учетом условия $P = 0$ на верхней границе отложения и условия сохранения общей массы отложения при его сжатии позволило определить диапазон значений τ , удовлетворяющих полученным наборам экспериментальных данных (m , V и H): $\tau = (0,8 \pm 0,3) \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$. Сравнительно небольшой разброс значений τ свидетельствует об удовлетворительности предложенного описания силового взаимодействия между потоком воздуха и отложением тополиного пуха.

Описание способов получения и обработки экспериментальных данных по распространению пламени

Исследование распространения пламени по отложению тополиного пуха проводили для нескольких вариантов формирования такого отложения:

вариант I — для пуха, заполняющего “ковром” на весь объем открытый сверху короб из плотной бумаги длиной 600 мм, шириной 60 мм и с высотой бортиков 35 мм;

вариант II — для тополиного пуха, заполняющего трубу длиной 425 мм и диаметром 70 мм из металлической сетки с размером ячейки около 1 мм, при трех ориентациях направления движения пламени: вверх, вниз и горизонтально;

вариант III — для тополиного пуха, заполняющего стеклянную полуоткрытую трубу с внутренним диаметром 62 мм и длиной 400 мм, при двух ориентациях направления движения пламени: вверх и горизонтально;

вариант IV — аналогичен варианту III, но отличается габаритными размерами трубы: внутренний диаметр 102 мм и длина 450 мм;

вариант V — для тополиного пуха, заполняющего герметичную квазисферическую камеру диаметром 0,34 м и объемом $18,7 \text{ дм}^3$.

Большинство экспериментов выполнялось с непряматым отложением пуха, полученным путем свободного оседания отдельных пушинок в предназначенную для исследования емкость (в короб, вертикально расположенную трубу или герметичную камеру через вскрытый проем в верхней части).

При подготовке к исследованию распространения пламени по пуху в горизонтальном направле-

нии в трубе его загружали в трубу, первоначально находящуюся в вертикальном положении, и лишь после заполнения ее пухом трубу располагали горизонтально. Для изучения распространения пламени по уплотненному пуху в трубе последний загружали в трубу порциями (слоями) в неуплотненном состоянии высотой по 0,05 м, каждую из которых сразу же после ее загрузки уплотняли поршнем до необходимой для исследования степени.

В испытаниях по варианту I толщина исследуемого отложения пуха не превосходит 35–45 мм, и в соответствии с оценкой (3) отложение можно считать достаточно однородным (относительное увеличение плотности пуха с переходом от верхнего слоя к нижнему не превышает 20 %). В испытаниях по вариантам II, III и IV ожидаемое различие плотности пуха на торцах отложения в трубах высотой около 400 мм согласно (3) достигает 3,5 раз. В то же время практическая оценка степени уплотнения нижних слоев отложения по мере заполнения труб пухом, осуществлявшаяся путем контроля смещения семян пуха в этих слоях, показала, что отличие плотностей пуха на торцах отложения существенно меньше. Нарушение зависимости (3) для отложения пуха в трубах объясняется, по-видимому, сдерживающим влиянием трения пуха о стенки трубы на процесс уплотнения нижних слоев пуха при заполнении им трубы. Так, реальное различие плотностей пуха для труб диаметром 62 и 70 мм не превышало 10 %, что позволяет считать отложение пуха в них достаточно однородным. Для трубы диаметром 102 мм увеличение плотности пуха к нижнему торцу составило 40 %. Упомянутым влиянием трения на процесс уплотнения пуха можно пренебречь при заполнении пухом герметичной квазисферической камеры в испытаниях по варианту V. Основной вклад в уплотнение нижних слоев пуха в такой камере будет вносить центральная (наиболее широкая) часть отложения высотой около 0,2 м, при которой согласно (3) следует ожидать уплотнения нижних слоев пуха в 2 раза.

Для вариантов I, II, III и IV зажигание пуха производили пламенем спички у торца отложения (для полуоткрытых стеклянных труб — со стороны открытого торца). Пройденный пламенем путь по отложению пуха определяли с помощью линейки с делениями через каждые $2 \cdot 10^{-2}$ м. Путем покадрового просмотра видеозаписи процесса горения (цифровая видеокамера GZ-MG330, частота съемки — 25 кадров в секунду, время экспозиции — 0,007 с) определяли форму пламени и рассчитывали скорость его распространения по отложению пуха.

Для варианта V зажигание пуха производили в геометрическом центре камеры с помощью пиротехнической таблетки с запасом энергии около 300 Дж.

Информацию о горении пуха получали в виде дискретного графика зависимости давления в камере от времени: значения давления в камере с интервалом 10^{-3} с сохранялись в памяти ЭВМ для их последующей обработки. Используя данный график, определяли значения стандартных показателей взрыва (максимального давления взрыва, максимальной скорости его нарастания и индекса взрывоопасности), а также рассчитывали для каждого текущего значения давления продуктов горения скорость выгорания пуха U_c по известному соотношению [3]:

$$U_c = \frac{dP/dt}{3(R_f^2/R^3)(P/P_a)^{1/\gamma}(P_m - P_a)}, \quad (6)$$

где P , dP/dt — текущие значения соответственно абсолютного давления продуктов горения (кПа) и его производной по времени — скорости нарастания давления продуктов горения (кПа/с) во взрывной камере;

R_f — расчетное значение радиуса сферы, объем которой совпадает с текущим значением объема продуктов горения, м;

$R_f = R [1 - (P_a/P)^{1/\gamma}(P_m - P)/(P_m - P_a)]^{1/3}$;

R — радиус взрывной камеры, м; $R = 0,17$ м;

P_a — начальное (атмосферное) абсолютное давление воздуха во взрывной камере, кПа;

$P_a = 100$ кПа;

P_m — максимальное абсолютное давление продуктов горения, кПа;

γ — постоянная адиабаты для воздуха; $\gamma = 1,4$.

Исследование скорости выгорания непосредственно связано с вопросом о правомерности применения к тополиному пуху, представляющему собой локально неоднородную двухфазную горючую среду, термина “нормальная скорость горения (распространения пламени)”.

Для пояснения указанной связи отметим, что скорость выгорания однородных и неподвижных на момент зажигания газовых смесей в рассматриваемой камере совпадает с нормальной скоростью горения таких смесей на начальной адиабатической стадии процесса (до момента соприкосновения горячих продуктов горения с холодной стенкой камеры). На рис. 1 и 2 приводится полученная в [4] с использованием данной камеры типичная для однородных горючих смесей экспериментальная зависимость $P(t)$ и рассчитанная по ней в соответствии с (6) зависимость $U_c(P)$ на примере околостехиометрической пропановоздушной смеси ($P_m = 940$ кПа). График $P(t)$ имеет точку перегиба, которая отвечает давлению $P \approx 500$ кПа и свидетельствует о переходе к неадиабатической стадии процесса. Этому же значению давления взрыва соответствует характерный излом зависимости $U_c(P)$. До указанного

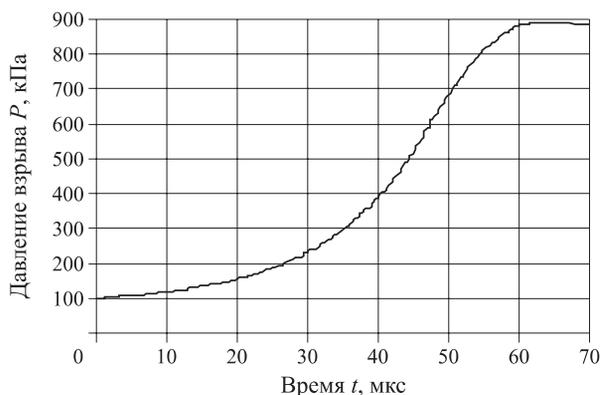


Рис. 1. Зависимость давления взрыва P околостехиометрической пропановоздушной смеси от времени t ; точке перегиба отвечает $P \approx 400$ кПа

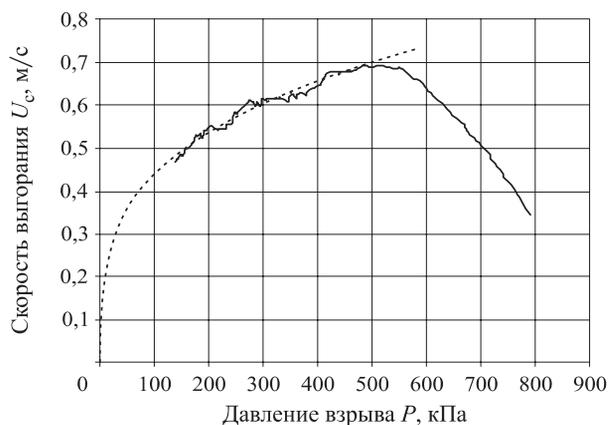


Рис. 2. Зависимость скорости выгорания U_c околостехиометрической пропановоздушной смеси от текущего значения давления взрыва P (сплошная линия)

излома зависимость $U_c(P)$ аппроксимируется степенной функцией:

$$U_c = U_n (P/P_a)^\varepsilon, \quad (7)$$

где U_n — нормальная скорость горения смеси при нормальных начальных условиях (комнатной температуре и атмосферном давлении в камере);

ε — термокинетический показатель.

Для использованной в качестве примера пропановоздушной смеси упомянутая степенная аппроксимация (пунктирная линия на рис. 2) имеет следующие параметры: $U_n = 0,43$ м/с и $\varepsilon = 0,3$.

Результаты экспериментальных исследований распространения пламени в отложениях тополиного пуха

Пламя в отложении тополиного пуха визуально воспринимается как светящийся слой толщиной не более 3 мм с многочисленными искроподобными вкраплениями. Небольшая толщина пламени

Скорость распространения и форма пламени в отложениях тополиного пуха

Номер опыта	Вариант формирования отложения тополиного пуха	Направление движения пламени	Относительная плотность пуха ρ/ρ_{\min}	Скорость пламени, 10^{-2} м/с	Сглаженная форма пламени
1	I (“ковер”)	Горизонтально	1	30	Плоская
2	II (труба из сетки $\varnothing 70$ мм)	То же	1	31	То же
3		Вверх	1	43	Выпуклая
4		Вниз	1	30–40	Сложная
5	III (труба из стекла $\varnothing 62$ мм)	Горизонтально	1	31	Плоская
6		То же	2	31	То же
7		«	3	25	«
8		«	4	18	«
9		«	4,5	0	«
10	IV (труба из стекла $\varnothing 102$ мм)	«	1	31	«
11		Вверх	1	42	Выпуклая
12		То же	1	80	Нет свед.

обусловлена малым поперечным размером волокон пуха. Во всех опытах, допускающих видеонаблюдение за процессом горения, отмечались нестационарные и нерегулярные в пространстве искривления пламени, включая возникновение и исчезновение разрывов его поверхности. Выделялись два характерных масштаба искривлений пламени: порядка размера отдельной пушинки (около 10 мм) и порядка поперечного размера отложения соответственно. Для случая распространения пламени вниз на заключительном этапе перед пламенем наблюдалось выпадение из него горящих семян тополя.

Сведения о видимой скорости распространения передней границы пламени по слою пуха для различных вариантов его формирования приводятся в таблице. Относительная точность определения скорости пламени в большинстве опытов составляла около 10 %.

Из представленных в таблице данных видно, что скорость распространения пламени в горизонтальном направлении по “ковру” из тополиного пуха минимальной плотности ρ_{\min} составляет 0,30 м/с (опыт № 1). В пределах точности измерений эта скорость совпадает со скоростью распространения пламени в горизонтальном направлении для других вариантов (II, III и IV) формирования отложения пуха той же плотности (опыты № 2, 3 и 11).

В исследованной области концентраций, превышающих стехиометрическую, слабое влияние плотности пуха на скорость распространения пламени в горизонтальном направлении в стеклянной трубе

$\varnothing 62$ мм демонстрируется в опытах № 5–9. Из этих же опытов следует, что верхний концентрационный предел распространения пламени ВКПР $\approx 4\rho_{\min}$.

Исследование влияния направления распространения пламени на его скорость по отложению пуха минимальной плотности ρ_{\min} в трубе из сетки (опыты № 2–4) показало следующее. Наименьшее значение скорости пламени соответствует его движению в горизонтальном направлении и вниз. При движении пламени вниз его скорость монотонно растет с пройденным пламенем расстоянием: в начале движения скорость пламени близка к минимальной (0,3 м/с), а к концу — возрастает до 0,4 м/с. Наибольшее значение скорости пламени (0,42 м/с) получено для пламени, распространяющегося вверх.

При распространении пламени вверх по отложению тополиного пуха минимальной плотности в стеклянной трубе с внутренним диаметром 102 мм наблюдались два режима движения — низкоскоростной (опыт № 11) и высокоскоростной (опыт № 12). Поскольку слой пуха толщиной более 0,05 м заметно препятствует четкому визуальному наблюдению за пламенем, о движении пламени в опыте № 11 судили по видимой части пламени вблизи стенки трубы. Такая возможность в опыте № 12 отсутствовала: ведущая часть пламени, по-видимому, имела вытянутую вдоль направления движения форму и располагалась на значительном расстоянии от стенки трубы, обращенной к видеокамере. Удалось точно зафиксировать лишь момент выхода пламени к вершине отложения. В опыте № 12 в отличие от других опытов отмечено движение пуха, регистрируемое по смещению семян тополя, расположенных вблизи стенки трубы. Скорость пуха достигала 0,2 м/с и отражала гидродинамическое возмущение горючей среды движущимся пламенем.

На рис. 3 и 4 приводятся полученная для варианта V (тополиного пуха в герметичной камере) экспериментальная зависимость $P(t)$ и рассчитанная по ней в соответствии с (6) зависимость $U_c(P)$. В расчете принято $P_m = 700$ кПа. Вообще говоря, применение соотношения (6) предполагает однородность горючей среды в камере, что в силу гравитационного уплотнения пуха не имеет места: плотность пуха меняется от ρ_{\min} в верхней части камеры до $2\rho_{\min}$ — в нижней. Тем не менее уверенность в целесообразности использования соотношения (6) для обработки данных по распространению пламени по тополиному пуху подтверждается тем, что согласно данным таблицы скорость пламени в тополином пухе слабо зависит от плотности пуха в рассматриваемом диапазоне изменения этого параметра.

Из экспериментальной зависимости $P(t)$ для тополиного пуха с концентрацией ρ_{\min} можно полу-

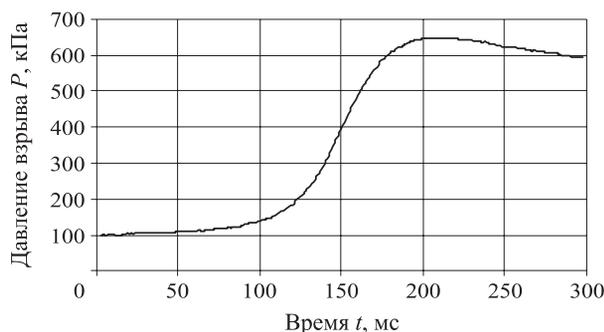


Рис. 3. Зависимость давления взрыва отложения пуха от времени: точке перегиба отвечает $P \approx 400$ кПа

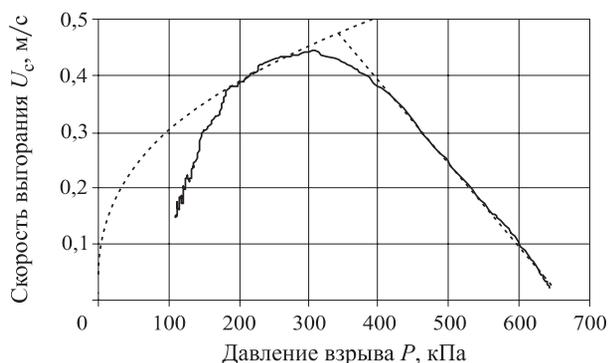


Рис. 4. Зависимость скорости выгорания отложения пуха от текущего абсолютного значения давления взрыва (сплошная линия)

чить следующую информацию о стандартных показателях взрыва: максимальное избыточное давление взрыва — 550 кПа; максимальная скорость нарастания давления взрыва — 10 МПа/с; индекс взрывоопасности — 2,65 МПа·м/с.

Обсуждение полученных экспериментальных результатов

Прежде всего по аналогии со случаем горения газовых смесей введем понятие нормальной скорости горения (распространения пламени) U_n в отложении тополиного пуха. Поскольку горючая смесь неоднородна лишь локально и двухфазна (пух + воздух), будем считать, что U_n — это скорость движения сглаженной поверхности пламени относительно воздуха горючей смеси по направлению нормали к этой поверхности. Сглаживание пламени производится таким образом, чтобы исключить масштаб искривлений, вызванных естественной неоднородностью распределения горючего (порядка 10 мм). Выбор отсчета скорости пламени (относительно воздуха) обусловлен тем, что большинство опытов проводилось с отложениями пуха минимальной концентрации, при которой основная доля в свежей смеси волокон пуха с воздухом приходится на газовую компоненту (80 % масс.). В даль-

нейшем изложении раздела характеристика формы пламени, приведенная в последней графе таблицы, относится к поверхности, полученной сглаживанием реального пламени.

Наблюдение за поведением пламени в стеклянных трубах диаметром 62 и 102 мм показало, что при распространении пламени в горизонтальном направлении от открытого конца трубы к закрытому его форма близка к плоской. Это позволяет принять видимую скорость такого пламени за нормальную скорость распространения пламени в отложении пуха. В частности, как следует из таблицы (опыты № 5 и 10), для тополиного пуха минимальной плотности скорости распространения пламени в горизонтальном направлении для обеих труб совпадают и приводят к нормальной скорости горения U_n непрямого тополиного пуха при атмосферном давлении P_o (и начальной комнатной температуре), равной 0,31 м/с. Уплотнение пуха (см. таблицу, опыты № 6–9) оказывает существенное влияние на нормальную скорость горения только вблизи ВКПР.

Подтверждение величины нормальной скорости горения непрямого тополиного пуха можно получить на основе анализа результатов исследования горения отложения пуха в герметичной камере (см. рис. 3 и 4). График $P(t)$ на рис. 3 имеет точку перегиба, отвечающую давлению $P \approx 400$ кПа и свидетельствующую о начале неадиабатической стадии горения. Этому же значению давления взрыва соответствует заметный, хотя и слабо выраженный, излом зависимости $U_c(P)$, поскольку при больших давлениях график $U_c(P)$ близок к прямой, показанной на рис. 4 пунктиром. До отмеченного излома зависимость $U_c(P)$ для отложения тополиного пуха имеет сложный вид и не может на всем протяжении адиабатической стадии развития горения аппроксимироваться степенной функцией (7), как для газозвушной смеси (см. рис. 2). Тем не менее имеется участок зависимости $U_c(P)$, где такую аппроксимацию можно предложить. Для получения участка аппроксимации максимальной протяженности (пунктирная кривая на рис. 4) параметры аппроксимации (7) для тополиного пуха должны быть следующие: нормальная скорость при атмосферном давлении $U_n(P_o) = 0,3$ м/с, термокинетический показатель степени $\varepsilon = 0,37$. Протяженность участка аппроксимации по давлению составила 180–300 кПа. Совпадение (в пределах погрешности измерений) значений U_n , полученных для тополиного пуха в герметичной камере и стеклянных трубах, подтверждает как целесообразность использования данной характеристики горения пуха, так и удовлетворительную точность ее количественной оценки.

Что касается результатов исследования горения пуха в герметичной камере, представляет интерес

обсудить причины нарушения зависимости (7) на начальном (при давлении от 100 до 180 кПа) и конечном (при давлении от 300 до 400 кПа) этапах адиабатической стадии развития взрыва.

Нарушение зависимости (7) на начальном этапе развития взрыва можно объяснить следующим образом. По мере движения пламени по отложению пуха от центра камеры к ее оболочке происходит вытеснение воздуха свежей смеси к периферии. Средняя скорость потока вытесняемого воздуха вблизи пламени V_1 и характерный радиальный размер потока L в центральной части камеры составляют соответственно:

$$V_1 = (E - 1)U_c \approx 0,9 \text{ м/с};$$

$$L \approx R/2 = 0,17 \text{ м},$$

где E — коэффициент расширения продуктов горения; $E \approx 6$;

U_c — скорость выгорания на начальном этапе развития взрыва в камере; $U_c \approx 0,15 \text{ м/с}$;

R — радиус камеры; $R = 0,17 \text{ м}$.

Оценим, при каком уплотнении пух способен противостоять такому потоку воздуха без движения. Перепад давлений P на продуваемом слое пуха толщиной L согласно соотношению (4), где гравитационным слагаемым пренебрегли, а среднюю плотность пуха ρ заведомо занизили ($\rho = \rho_{\min}$), определим из следующего соотношения:

$$P \approx L(dP/dh) > L\rho_{\min}V_1/\tau.$$

Уплотнение пуха, противодействующее такому давлению, согласно (1) и с учетом численных значений параметров задачи составит:

$$\rho/\rho_{\min} > 1 + L\rho_{\min}V_1/(\tau P_1) \approx 5.$$

Поскольку $\rho/\rho_{\min} \gg 1$, следует ожидать, что на начальном этапе развития взрыва ($\rho/\rho_{\min} < 2$) уплотнение пуха не способно воспрепятствовать практически безынерционному увлечению его расходящимся радиальным потоком воздуха перед пламенем. В отличие от воздуха пух не является сплошным телом и при вытеснении его к периферии не может растягиваться в тангенциальном направлении. Это порождает два эффекта, сопровождающих расширение любого сферического (равноудаленного от центра камеры) слоя смеси пуха с воздухом, расположенного в зоне значительного смещения пуха. Во-первых, вытесняемая к периферии масса пуха из выбранного слоя претерпевает многочисленные разрывы в тангенциальном направлении, которые приводят к образованию широких “трещин”, что нарушает сплошность фронта горения. Во-вторых, из-за монотонного уменьшения доли объема слоя, занимаемой пухом, сжатие пуха (в радиальном направлении) на изолированных

“трещинами” участках слоя происходит в большей степени, чем сжатие воздуха, занимающего весь объем слоя. Поскольку начальная плотность пуха в камере превышает стехиометрическую плотность, последний эффект приводит к уменьшению степени выгорания пуха. Оба эффекта обуславливают наблюдаемое уменьшение скорости выгорания пуха на начальном этапе развития взрыва: начальная скорость пламени составляет около $0,4U_n(P_o) \approx 0,12 \text{ м/с}$. По мере приближения пламени к оболочке камеры “трещины” в объеме пуха исчезают, и скорость выгорания начинает соответствовать текущему значению $U_n(P)$.

Нарушение зависимости (7) на конечном этапе адиабатической стадии развития взрыва в герметичной камере при давлении от 300 до 400 кПа можно объяснить следующим образом. На данном этапе развития взрыва пламя приближается к оболочке камеры, где скорость порождаемого горением радиального потока воздуха снижается и уплотнение пуха способно противостоять потоку воздуха, оставаясь неподвижным. В этом случае уплотнение воздуха не сопровождается уплотнением пуха, что означает обеднение смеси горючим вблизи оболочки камеры. Начиная с 300 кПа, обеднение горючим приводит, по-видимому, к уменьшению нормальной скорости горения и, как следствие, к уменьшению реального значения $U_n(P)$ по сравнению с расчетным.

Продолжим обсуждение результатов исследования распространения пламени по отложению пуха в трубах в горизонтальном направлении.

Согласно опытам № 2 и 5 (см. таблицу) замена стеклянной трубы на трубу из сетки не отражается на видимой скорости распространения плоского пламени по непрямому тополиному пуху. Интерес к этому факту обусловлен контрастом с результатом, полученным при исследовании горения газозвудушных смесей, для которых подобная замена приводит к увеличению видимой скорости плоского пламени в несколько раз [5].

Объяснение упомянутого увеличения видимой скорости плоского пламени в гомогенных смесях тривиально и иллюстрируется схемами, представленными на рис. 5 и 6.

В геометрии стеклянной трубы (см. рис. 5) расширение продуктов горения происходит в сторону открытого конца трубы, горючая смесь перед пламенем неподвижна и видимая скорость распространения плоского пламени по смеси совпадает с нормальной скоростью горения $U_n(P_o)$.

Движение плоского пламени по гомогенной смеси в проницаемой для газа трубе (см. рис. 6) реализуется в специальных условиях [5]. Труба выполняется из огнепреграждающей сетки и размещается

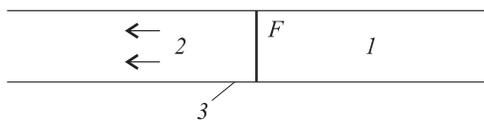


Рис. 5. Схема продольного сечения оборудования для демонстрации распространения плоского пламени по горючей смеси (газовоздушной или тополиному пуху) в стеклянной трубе: 1 — горючая смесь; 2 — продукты горения; 3 — полукоткрытая труба из стекла; F — фронт пламени; стрелками указаны направления газовых потоков

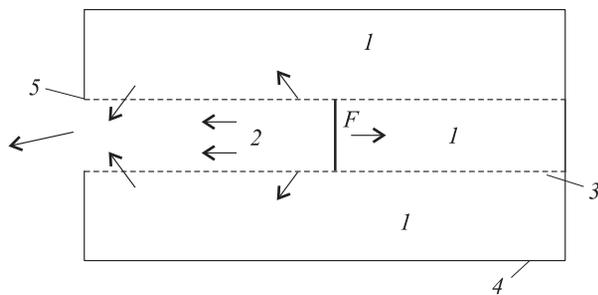


Рис. 6. Схема продольного сечения специального оборудования для демонстрации распространения плоского пламени по гомогенной смеси в трубе из сетки [5]: 1 — горючая смесь; 2 — продукты горения; 3 — труба из огнепреграждающей сетки; 4 — прозрачная герметичная оболочка; 5 — сбросной клапан; F — фронт пламени; стрелками указаны направления газовых потоков

внутри сосуда намного большего объема, первоначально заполненного однородной горючей газовой смесью. Зажигание смеси в цилиндре производится у его торца, расположенного вблизи сбросного клапана, который предназначен для сохранения начального давления в сосуде и вскрывается в момент зажигания. Данные условия обеспечивают однородность горючей газовой смеси внутри цилиндра и позволяют пренебречь существованием горючей смеси вне трубы, поскольку выходу пламени за пределы трубы препятствует огнепреграждающая сетка. В такой геометрии распространения пламени расширение продуктов горения происходит во все стороны, в том числе в сторону свежей смеси перед пламенем. Это должно инициировать движение последней, обеспечивающее увеличение видимой скорости пламени по отношению к нормальной скорости горения в число раз, сопоставимое, вообще говоря, с коэффициентом расширения продуктов горения газовоздушной смеси. Согласно экспериментальным данным [5] скорость плоского пламени в трубе из сетки достигает $3U_n(P_o)$. Отсюда, в частности, следует, что скорость V_1 гомогенной смеси перед пламенем в такой геометрии испытаний составит $V_1 \approx 2U_n(P_o)$.

Таким образом, причиной существенного различия видимой скорости распространения пламени по газовоздушной смеси в стеклянной полукоткры-

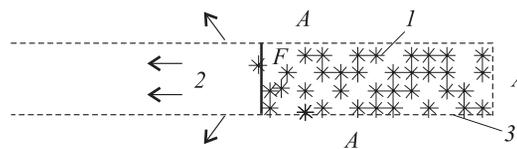


Рис. 7. Схема продольного сечения оборудования для демонстрации распространения плоского пламени по отложению пуха в трубе из сетки: 1 — тополиный пух; 2 — продукты горения; 3 — труба из сетки; F — фронт пламени; A — воздух; стрелками указываются направления газовых потоков

той трубе и в трубе из сетки является движение газа перед фронтом пламени, возникающее в последнем случае.

Наблюдаемое в опытах совпадение видимой скорости движения плоского пламени в отложении тополиного пуха в трубе из стекла (см. рис. 5) и в трубе из сетки (рис. 7) означает отсутствие потока воздуха перед фронтом пламени в опытах с трубой из сетки. Отсутствие такого потока вызвано, вероятнее всего, гидродинамическим сопротивлением пуха.

Оценку влияния гидродинамического сопротивления пуха на скорость V_1 вытеснения воздуха перед пламенем можно провести на основе приближенного метода моделирования течения свежей смеси [5]. В основе данного метода лежит представление поля скоростей течения перед пламенем в виде линейной суперпозиции полей течения точечных источников, расположенных на поверхности, занимаемой пламенем:

$$V_1 = \omega_k / k, \quad (8)$$

где ω_k — инкремент роста амплитуды синусоидального возмущения поверхности плоского пламени с волновым числом k .

Уравнения задачи об определении инкремента роста линейных возмущений поверхности плоского пламени в неограниченном (поле тяжести отсутствует) слое тополиного пуха отличаются от уравнений аналогичной задачи для пламени в газовой смеси наличием дополнительного члена, описывающего трение между воздухом свежей смеси и пухом, который считается неподвижным:

$$\partial V_1 / (\partial t) + (V_1 \nabla) V_1 = -\nabla P_1 / \rho_1 + \rho_s V / (\tau \rho_1); \quad \text{div} V_1 = 0;$$

$$\partial V_2 / (\partial t) + (V_2 \nabla) V_2 = -\nabla P_2 / \rho_2; \quad \text{div} V_2 = 0,$$

где ρ , V , P — плотность, скорость и давление газа; t — время;

τ — константа из (4);

индексы “1” и “2” относятся соответственно к воздуху свежей смеси и продуктам горения;

E — коэффициент расширения продуктов горения; $E = \rho_1 / \rho_2$.

Стандартное исследование линейной устойчивости плоского пламени [6] в среде, движение которой описывается данными уравнениями, по отношению к искривлениям поверхности пламени вида $A \exp(\omega t) \sin(kx)$, где направление оси x выбрано параллельным плоскости невозмущенного пламени, приводит к определенному значению инкремента ω_k . С учетом данного значения ω_k и выражения (8) можно получить уравнение

$$V_1 = \frac{U_n}{E+1} \left(\sqrt{E(E^2-1) + E^2 \left(1 + \frac{1}{2k\tau U_n}\right)^2} - E \left(1 + \frac{1}{2k\tau U_n}\right) \right). \quad (9)$$

Применительно к интересующей нас задаче распространения плоского пламени по тополиному пуху в цилиндре из сетки диаметром $D = 0,07$ м разумно в (9) принять $k \approx D^{-1} = 14 \text{ м}^{-1}$. Подставляя в (9) другие характерные значения параметров $\tau = 10^{-2}$ с; $U_n = 0,3$ м/с; $E = 6$, получим $V_1 \approx 0,03$ м/с. В пределах точности экспериментального определения видимой скорости движения пламени величиной V_1 по сравнению с U_n можно пренебречь. Таким образом, расчет подтверждает независимость видимой скорости распространения пламени в отложениях пуха в трубе в горизонтальном направлении от проницаемости стенок трубы для газовых потоков.

Перейдем к обсуждению результатов исследования распространения пламени по отложению пуха в трубах в вертикальном направлении.

Для пламени, распространяющегося вниз по отложениям тополиного пуха в трубах (см. таблицу, опыт № 4), наблюдаемое повышение скорости пламени с увеличением пройденного пламенем расстояния можно объяснить участием в горении семян пуха. При выгорании волокон семена пуха под действием силы тяжести устремляются вниз, внедряясь в свежие слои волокон пуха и дожидаясь (после торможения свежими волокнами) следующего соприкосновения с пламенем. Из-за своей крупности семена пуха могут воспламениться не с первого, а после нескольких соприкосновений с пламенем. Воспламенившиеся семена способны передавать пламя в свежие слои пуха по указанной “эстафете”. Поскольку стационарная скорость оседания семян в воздухе под действием силы тяжести составляет несколько метров в секунду, скорость пламени по мере вовлечения их в процесс горения может возрастать.

Пламя, распространяющееся вверх по отложениям тополиного пуха в трубах в низкоскоростном режиме (см. таблицу, опыты № 3 и 11), имеет слабо-выпуклую относительно продуктов горения форму и, как следствие, большую скорость по сравнению

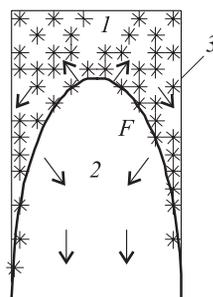


Рис. 8. Предполагаемая форма высокоскоростного пламени в отложении тополиного пуха: 1 — тополиный пух; 2 — продукты горения; 3 — полукрытая труба из стекла; F — фронт пламени; стрелками указаны направления потоков пуховоздушной смеси и продуктов горения

со скоростью пламени, распространяющегося в горизонтальном направлении. Искривление пламени, по всей видимости, обусловлено неустойчивостью в поле тяжести плоской границы между находящимся сверху плотным газом (воздухом), а снизу — разреженным газом (продуктами горения). Увеличение видимой скорости распространения искривленного пламени по сравнению со случаем движения плоского пламени, как следует из таблицы, составляет около 0,1 м/с и должно совпадать со скоростью вытеснения воздуха V_1 ведущей областью искривленного пламени.

Отметим, что полученная оценка скорости вертикального течения воздуха перед распространяющимся вверх пламенем $V_1 \approx 0,1$ м/с близка к скорости, при которой подъемная сила трения превысит вес пуха и последний придет в движение. Поскольку скорость движения пламени вверх испытывает флуктуации, принципиально возможен переход к такому режиму горения, при котором пух и воздух перед пламенем движутся как единое целое.

Высокоскоростной режим распространения пламени вверх (см. рис. 8) по отложению тополиного пуха в широкой трубе (см. таблицу, опыт № 12), по-видимому, обусловлен таким переходом. При совместном движении воздуха и пуха нормальная скорость горения вдоль фронта пламени не постоянна: наибольшая — на лидирующем участке пламени, а наименьшая — на флангах. При таком распределении нормальной скорости по фронту горения следует ожидать удлинения пламени, значительный вклад в форму которого вносит газодинамика процесса. Удлинение пламени сопровождается существенным увеличением его поверхности, что, как следствие, приводит к росту видимой скорости движения пламени. Упомянутое снижение скорости на флангах быстрого пламени в отложении пуха обусловлено теми же причинами, что и в случае горения пуха в герметичной камере — появлением “трещин” в отложении пуха при его расширении. Различие лишь в том, что для вытянутого пламени расширение пуха продуктами горения имеет симметрию не сферическую (как в герметичной камере), а близкую к цилиндрической.

Моделирование движения пламени с переменной нормальной скоростью горения вдоль фронта (на расстоянии менее $1,5 \cdot 10^{-2}$ м от оси симметрии трубы $U_n = 0,3$ м/с; для остальной части пламени $U_n = 0,12$ м/с) производилось в рамках приближенного метода [5]. Как показали расчеты, снижение нормальной скорости горения на флангах пламени приводит к значительному вытягиванию пламени в направлении распространения и более чем к двукратному увеличению видимой скорости пламени по сравнению со скоростью плоского пламени. Расчетное значение видимой скорости (0,7 м/с) весьма близко к величине видимой скорости пламени, наблюдаемой в эксперименте (0,8 м/с), что поддерживает уверенность в правомерности предложенного объяснения высокоскоростного режима распространения пламени в отложении пуха.

Выводы

Проведено экспериментальное исследование формы пламени и скорости его распространения в отложениях тополиного пуха на плоскости, в полукрытых трубах различного диаметра из стекла (с зажиганием у открытого торца), в трубе из сетки, а также исследование взрыва отложения тополиного пуха в герметичной квазисферической камере объемом 18,7 дм³. Эксперименты проводились в основном на непрямом тополином пухе естественной плотности, равной (без учета массы семян) 0,24 кг/м³.

Обосновано использование понятия нормальной скорости горения для отложений пуха. Показано, что видимая скорость распространения пламени в горизонтальном направлении для нормальных начальных условий (атмосферное давление, температура 20 °С) не зависит от варианта испытаний (на плоскости, в стеклянной трубе или в трубе из сетки) и по своей величине совпадает с нормальной скоростью горения, равной 0,3 м/с. Верхний концентрационный предел распространения пламени в уплотненном тополином пухе достигается при плотности пуха (без учета массы семян) 1,2 кг/м³.

При движении пламени сверху вниз наблюдается рост его видимой скорости с увеличением пройденного пламенем расстояния (из-за выпадающих из пламени горящих семян пуха). При движении пламени снизу вверх обнаружено два режима распространения — низкоскоростной (видимая скорость около 0,4 м/с) и высокоскоростной (видимая скорость около 1 м/с).

Взрыв отложения тополиного пуха в герметичной камере характеризуется максимальным избыточным давлением 550 кПа и максимальной скоростью нарастания давления взрыва 10 МПа/с (индекс взрывоопасности $2,6 \cdot 10^6$ Па·м/с). Аппроксимацией зависимости нормальной скорости горения отложения пуха от текущего давления продуктов горения степенной функцией получен термокинетический показатель степени, равный 0,37.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкции о порядке государственного статистического учета пожаров и последствий от них в Российской Федерации : приказ МВД РФ от 30 июня 1994 г. № 332 : зарег. в Минюсте РФ 19 июля 1994 г., рег. № 638 [электронный ресурс]. URL : http://www.innovbusiness.ru/pravo/DocumShow_DocumID_3682.html (дата обращения: 01.03.2010).
2. **Идельчик И. Е.** Справочник по гидросопротивлениям. — М. : Машиностроение, 1975.
3. **Kumar R. K., Bowles E. M., Mintz K. J.** Large-Scale Dust Explosions Experiments to Determine the Effects of Scaling on Explosion Parameters // *Combustion and Flame*. — 1992. — Vol. 89. — P. 320–332.
4. **Полетаев Н. Л.** Взрывоопасность пылей : дис. ... д-ра техн. наук. — М. : ВНИИПО, 1998. — 257 с.
5. **Полетаев А. Н., Полетаев Н. Л.** Моделирование распространения гладкого пламени в открытой однородной газообразной горючей смеси // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2004. — Т. 13, № 5. — С. 49–57.
6. **Зельдович Я. Б., Баренблатт Г. И., Либрович В. Б., Махвиладзе Г. М.** Математическая теория горения и взрыва. — М. : Наука, 1980. — 478 с.

*Материал поступил в редакцию 16 марта 2010 г.
Электронный адрес автора: nlpvniipo@mail.ru.*

**В. М. Балакин**

канд. хим. наук, профессор Уральского государственного лесотехнического университета, г. Екатеринбург, Россия

**А. М. Селезнев**

аспирант Уральского государственного лесотехнического университета, г. Екатеринбург, Россия

**К. В. Белоногов**

студент Уральского государственного лесотехнического университета, г. Екатеринбург, Россия

УДК 614.841

ПЕРВИЧНАЯ ОЦЕНКА ОГНЕЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ВСПУЧИВАЮЩИХСЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ ВОДНЫХ ДИСПЕРСИЙ

Приведена первичная оценка огнезащитных вспучивающихся лакокрасочных покрытий на основе поливинилацетатной, акриловой и стирол-акриловой водных дисперсий. Сравнительная оценка проводилась по потере массы, коэффициенту вспучивания и теплоизоляционной эффективности.

Ключевые слова: огнезащитные, вспучивающиеся и лакокрасочные покрытия, коэффициент вспучивания.

Разработка вспучивающихся огнезащитных составов для металлических и деревянных строительных конструкций является одним из приоритетных направлений пожарной безопасности зданий и сооружений [1], так как стоимость мероприятий, направленных на устранение последствий пожаров, во много раз превышает затраты на их профилактику. Помимо этого, огнезащитные лакокрасочные покрытия имеют малую толщину слоя покрытия, что снижает нагрузку на конструкции.

Именно поэтому в области огнезащитных покрытий ведутся непрерывные разработки по усовершенствованию лакокрасочных составов, покрытий и композиций пониженной горючести, обладающих эффектом вспучивания. Большое количество как отечественных, так и зарубежных патентов [2–15] и статей [16–21] в области огнезащиты строительных конструкций лишь подтверждает актуальность таких разработок.

Поиски новых решений в данном направлении не один год ведутся в Уральском государственном лесотехническом университете, на кафедре технологии переработки пластических масс [20, 21].

В настоящей работе представлены результаты сравнительной оценки огнезащитных свойств вспучивающихся покрытий, полученных на основе различных водных дисперсий.

В качестве водных дисперсий были выбраны поливинилацетатная, акриловая и стирол-акриловая. Покрытия содержали следующие компоненты: пентаэритрит, TiO_2 , полифосфат аммония, стабилизатор (Нонко), меламин, пигментный диспергатор (Оротан), загуститель (Vermocoll), этиленгликоль и воду. Краткие характеристики дисперсий приведены в табл. 1.

Для сравнительной оценки огнезащитных свойств с полученными покрытиями были проведены испытания в установке типа “огневая труба”, схематически представленной на рис. 1.

На основе выбранных дисперсий в лабораторных условиях были получены покрытия на основе ПВА (1, 2), стирол-акриловой (3–8) и акриловой (9–13) дисперсий различных марок на установке, имитирующей принцип работы бисерной мельницы.

Далее наносили кистью от 1 до 4 слоев покрытия на восемь образцов древесины сосны размерами $100 \times 35 \times 5$ мм с различным расходом состава. После нанесения каждого слоя образцы высушивали при комнатных условиях не менее 6 ч. Затем их подвергали испытаниям в установке типа “огневая труба”. По данным, полученным в ходе испытаний, были построены графики зависимости потери массы образцов древесины от расхода огнезащитного

© Балакин В. М., Селезнев А. М., Белоногов К. В., 2010

Таблица 1. Краткая характеристика дисперсий

Номер покрытия	Марка дисперсии	Тип дисперсии	Внешний вид	pH
1	Д 51С	ПВА	Вязкая жидкость белого цвета	4,6
2	ДФ 51/10С		То же	4,6
3	ВС-4363		Светлая вязкая жидкость	7,5
4	DS-960	Стирол-акриловая	Молочно-белая жидкость	7,5
5	Akratam AS-01 1		То же	8,5
6	XZ-94790		Вязкая жидкость белого цвета	6,5
7	DM-109	Молочно-белая жидкость	8,0	
8	Primal WL-100	Акриловая	Вязкая жидкость белого цвета	8,5
9	Primal CL 3371		Светло-янтарная жидкость	8,7
10	Primal AC-261 K		Молочно-белая жидкость	8,5
11	Mainkote HG-86 ER		То же	8,5
12	Avance MV-100		Вязкая жидкость белого цвета	8,5
13	Acrylic 6430	То же	8,5	

состава (рис. 2). Краткая характеристика физико-химических свойств исследуемых огнезащитных покрытий представлена в табл. 2.

Из графиков, представленных на рис. 2, видно, что уже при расходе покрытия 200 г/м^2 для группы составов 1–3, 8, 10, 13 показатели потери массы образцов древесины не превышают 10 %, а для остальных покрытий — не более 20 %.

Для дальнейших испытаний были выбраны покрытия: 2 (на основе ПВА-дисперсии), 3 и 8 (на основе стирол-акриловых дисперсий), 10 (на основе акриловой дисперсии).

Испытания огнезащитных покрытий в установке типа ОТМ проводились на образцах древесины сосны размерами $150 \times 60 \times 30 \text{ мм}$, обработанных огнезащитными покрытиями в 1–4 слоя с различным расходом. По результатам испытаний построены кривые зависимости потери массы образцов древесины при сжигании в установке типа ОТМ от расхода огнезащитного покрытия (рис. 3).

Из графиков, представленных на рис. 3, видно, что при расходе огнезащитных покрытий 200 г/м^2 потери массы образцов не превышают 5 %. При расходе, близком к 400 г/м^2 , лучшими показателями по потере массы обладают составы 2 и 10.

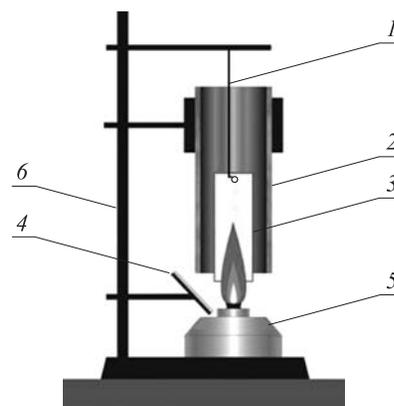


Рис. 1. Схема установки типа “огневая труба”: 1 — металлический крючок для крепления образца; 2 — металлическая или керамическая труба; 3 — образец; 4 — зеркало; 5 — спиртовка; 6 — штатив

Были проведены также испытания по определению теплоизоляционной эффективности вспучивающихся огнезащитных покрытий с помощью установки, схема которой представлена на рис. 4.

Перед нанесением лакокрасочного покрытия металлический цилиндр диаметром 24,8 мм протирали тканью, смоченной растворителем (уайт-спиритом или сольвентом); затем протирали насухо и снова — тканью, смоченной ацетоном. Затем на цилиндр наносили огнезащитное покрытие толщиной не более 0,4 мм.

Металлический цилиндр, предварительно обработанный огнезащитным покрытием, закрепляли на штативе. В отверстие металлического цилиндра помещали термopару регистрирующего прибора. Затем подготовленный цилиндр помещали в пламя газовой горелки. Высота пламени должна быть 4 см на протяжении всего испытания. Изменение температуры фиксировали каждую минуту. Металлический цилиндр выдерживали в пламени газовой горелки до достижения постоянной температуры.

Контрольным образцом в испытаниях служил металлический цилиндр без покрытия. На остальные цилиндры были нанесены покрытия 2, 3, 8 и 10 толщиной 0,26; 0,21; 0,30 и 0,27 мм соответственно.

В результате испытаний были получены данные, по которым были построены кривые зависимости изменения температуры внутри цилиндра от времени нагрева в пламени газовой горелки (рис. 5).

Из графиков, представленных на рис. 5, видно, что контрольный цилиндр без покрытия за 12 мин достигает температуры $500 \text{ }^\circ\text{C}$. За это же время цилиндры с огнезащитными покрытиями 2, 3, 8 и 10 достигают температуры 285, 379, 336 и $339 \text{ }^\circ\text{C}$ соответственно, что в 1,47–1,75 раза меньше температуры контрольного цилиндра. Постоянная температу-

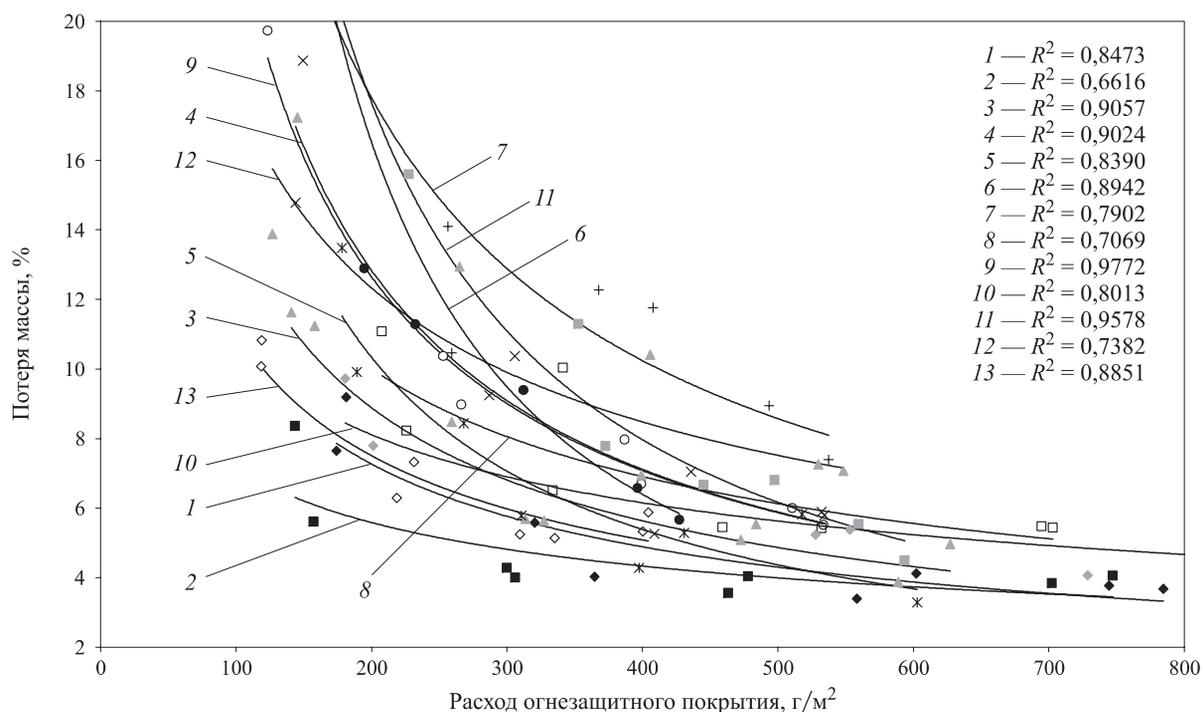


Рис. 2. Зависимость потери массы образцов древесины при сжигании в установке типа “огневая труба” от расхода огнезащитного покрытия

ра, достигнутая в ходе испытаний, составила 285, 418, 353 и 370 °С соответственно.

Кроме этого, проводились испытания по определению коэффициента вспучивания на металлических пластинах размером 150 × 70 × 1 мм. На пластины предварительно наносили огнезащитное покрытие толщиной не более 1 мм. Пластины, обработанные огнезащитным вспучивающимся покрытием

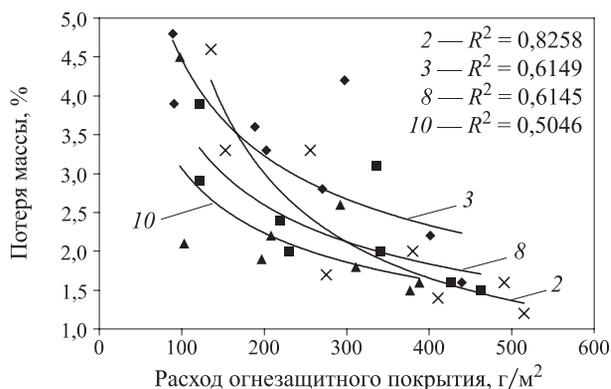


Рис. 3. Зависимость потери массы образцов древесины при сжигании в установке типа ОТМ от расхода огнезащитного покрытия

Таблица 2. Краткая характеристика физико-химических свойств огнезащитных покрытий

Номер покрытия	Тип дисперсии	Марка дисперсии	Сухой остаток, %	Средняя потеря массы образцов (при расходе 200 г/м ²), %
1	ПВА	Д 51С	51	7,3
2		ДФ 51/10С	53	5,6
3	Стирол-акриловая	BC-4363	49	8,9
4		DS-960	55	12,8
5		Akratam AS-01 1	49	10,3
6		XZ-94790	46	16,7
7		DM-109	47	17,8
8		Primal WL-100	49,5	9,7
9		Primal CL 3371	44,5	12,7
10	Акриловая	Primal AC-261 K	50	8,1
11		Mainkote HG-86 ER	43,6	17,5
12		Avance MV-100	50	12,4
13		Acrylic 6430	45	7,5

Таблица 3. Результаты испытаний по определению коэффициента вспучивания

Номер покрытия	Марка и тип дисперсии	Номер опыта	Толщина покрытия, мм	Толщина вспученного слоя, мм	Коэффициент вспучивания k
2	ДФ 51/10С (ПВА)	1	0,49	34,0	69,4
		2	0,39	33,0	84,6
3	BC-4363 (стирол-акриловая)	3	0,41	8,3	20,2
		4	0,47	12,4	26,4
8	Primal WL-100 (стирол-акриловая)	5	0,39	5,2	13,3
		6	0,35	6,6	18,9
10	Primal AC-261 K (акриловая)	7	0,39	17,2	44,1
		8	0,38	17,5	46,1

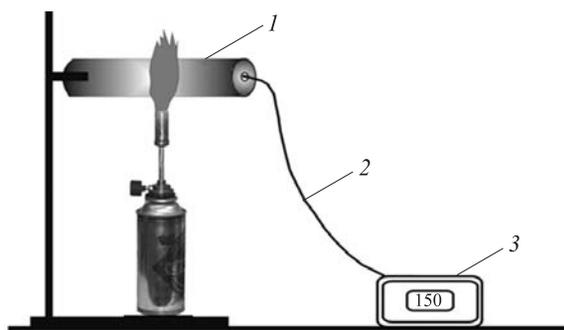


Рис. 4. Установка для оценки теплоизоляционных свойств вспучивающихся огнезащитных покрытий на металлической поверхности в пламени газовой горелки: 1 — металлический цилиндр с центральным отверстием; 2 — термометр; 3 — регистрирующий прибор

ем, помещали в муфельную печь и выдерживали в течение 5 мин при температуре (600 ± 5) °С. При этом наблюдалось вспучивание покрытий. Затем для всех покрытий были рассчитаны коэффициенты вспучивания по формуле

$$k = h_1/h,$$

где k — коэффициент вспучивания;

h — толщина покрытия, мм;

h_1 — толщина вспученного слоя, мм.

Результаты испытаний по определению коэффициента вспучивания представлены в табл. 3.

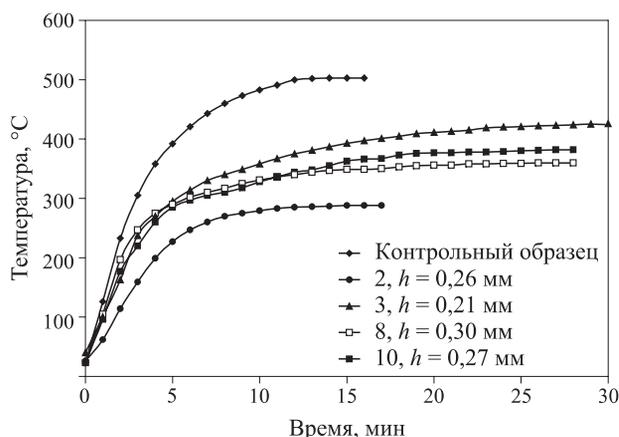


Рис. 5. Зависимость изменения температуры внутри цилиндра от времени нагрева в пламени газовой горелки для образцов 2, 3, 8, 10 и контрольного образца без покрытия

По результатам испытаний видно, что наилучшими показателями по коэффициенту вспучивания обладают составы 2 и 10 на основе ПВА и акриловой дисперсии соответственно.

Обобщая результаты испытаний на металлических цилиндрах в установке типа ОТМ и данные определения коэффициента вспучивания, можно сделать вывод, что наибольшей огнезащитной эффективностью обладают составы 2 (на основе ПВА-дисперсии марки ДФ 51/10С) и 10 (на основе акриловой дисперсии марки Primal AC-261 К).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ : принят Гос. Думой 4 июля 2008 г. : одобр. Советом Федерации 11 июля 2008 г. — М. : ФГУ ВНИИПО, 2008. — 157 с.
2. Пат. 2174527 Российская Федерация. Огнезащитная вспучивающаяся краска / Потапова Е. В. ; опубл. 10.10.2001.
3. Пат. 2250204 Российская Федерация. Огнезащитное покрытие / Демин Е. Н., Ходусов С. А. ; опубл. 20.04.2005.
4. Пат. 2125075 Российская Федерация. Огнезащитный состав ОЗК-Д-1М / Хафизов Ф. Ш., Хузиев А. Р., Абфзгильдин Ю. М., Махмутов Р. М., Нафиков Г. З., Сулейманов Ф. Н., Манев В. В. ; опубл. 20.01.1999.
5. Пат. 2224775 Российская Федерация. Огнезащитная вспучивающаяся краска / Захваткин С. С., Фаскора В. Н., Владиславлева Е. Ю. ; опубл. 27.02.2004.
6. Пат. 2065463 Российская Федерация. Огнезащитный вспучивающийся состав для покрытий / Амбарцумян Р. Г., Кутько С. Д., Левченко А. Ф., Карлик В. М., Печников А. В. ; опубл. 20.08.1996.
7. Пат. 2313549 Российская Федерация. Огнезащитная краска для древесины / Рябов С. Н., Борило Л. П., Заболотская А. В., Коротков А. С. ; опубл. 07.12.2007.
8. Пат. 2225423 Российская Федерация. Огнезащитная вспучивающаяся краска / Гузьяева Т. Е., Манеров В. Б., Марченко О. В., Попова С. Д., Миронова Л. В. ; опубл. 10.03.2004.
9. Пат 2219208 Российская Федерация. Способ получения воднодисперсионных огнезащитных вспучивающихся красок / Алексюк Г. П., Кисурин В. А., Ковтун Г. И., Воскресенский А. М. ; опубл. 20.12.2003.
10. Пат. 32593 Украина. Вогнезахисна спучувана композиція для покриття / Кривенко П. В., Пушкарёва К. К., Суханевич М. В. ; опубл. 15.02.2001.

11. Пат. 4198328 США. Flame-resisting intumescent paints / Bertelli G. (Ferrara, IT), Roma P. (Ferrara, IT), Locatelli R. (Ferrara, IT); опублик. 04.15.1980.
12. Пат. 6613391 США. Flame inhibiting and retarding chemical process and system for general use on multiple solid surfaces / Gang H.; опублик. 09.02.2003.
13. Пат. 7569155 США. Aqueous foaming composition / Ted H. Schaefer; опублик. 19.07.2003.
14. Пат. 5445754 США. Water-based, thermal paint / Neil R. Nelson; опублик. 29.08.1995.
15. Пат. 6228914 США. Intumescent composition and method / Ford B. M., Hutchings D. A., Foucht M. E., Qureshi S. P., Garvey C. E., Krassowski D. W.; опублик. 05.08.2001.
16. Матвейчев П. М. Водно-дисперсионные краски по металлу // Промышленная окраска. — 2007. — № 5. — С. 10–13.
17. Варламова Л. П., Извозчикова В. А., Аверченко А. С., Семчиков Ю. Д., Рябов С. А. Огнезащитные полимерные композиции на основе поливинилхлорида и перхлорвинилового смолы // Журнал прикладной химии. — 2008. — Т. 81, вып. 4. — С. 681–683.
18. Страхов В. Л., Крутов А. М., Давыдкин Н. Ф. Огнезащита строительных конструкций / Под ред. Ю. А. Кошмарова. — М.: Информационно-издательский центр “Тимр”, 2000. — 443 с.
19. Страхов В. Л., Гаращенко А. Н. Огнезащита строительных конструкций: современные средства и методы оптимального проектирования // Строительные материалы. — 2002. — № 6. — С. 2–5.
20. Балакин В. М., Полищук Е. Ю., Литвинец Ю. И. и др. Изучение огнезащитной эффективности азот-фосфорсодержащих составов для древесины // Пожаровзрывобезопасность. — 2007. — Т. 16, № 5. — С. 39–40.
21. Балакин В. М., Полищук Е. Ю., Горбунова Е. М. и др. Исследование огнезащитных и физико-химических свойств фосфорсодержащих карбамидоформальдегидных олигомеров // Пожаровзрывобезопасность. — 2008. — Т. 17, № 5. — С. 54–56.

*Материал поступил в редакцию 16 февраля 2010 г.
Электронные адреса авторов: balakin_y.m@mail.ru,
seleznev_a.m@mail.ru.*



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет новую 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, ул. Давыдовская, д. 12, стр. 7;
тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: mail@firepress.ru



С. В. Тимофеева
канд. хим. наук, доцент, начальник
кафедры Ивановского института
Государственной противопожарной
службы МЧС РФ, г. Иваново, Россия



А. Е. Осипов
адъюнкт Ивановского института
Государственной противопо-
жарной службы МЧС РФ,
г. Иваново, Россия



О. Г. Хелевина
д-р хим. наук, заслуженный деятель
науки РФ, профессор Ивановского
государственного химико-технологиче-
ского университета, г. Иваново, Россия

УДК 678.84:614.841.41:66.097

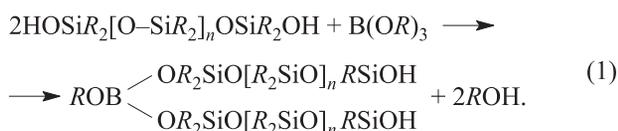
СОЗДАНИЕ ЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ Пониженной ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ МОДИФИЦИРОВАНИЕМ СИЛОКСАНОВЫХ ПОКРЫТИЙ СОЕДИНЕНИЯМИ БОРА

В целях повышения огнезащитных свойств материалов изучено модифицирование силоксановых покрытий защитных материалов соединениями бора — борной кислотой, борным ангидридом и триэтилборатом. Модифицирование покрытий на основе жидких силоксановых каучуков СКТН вышеуказанными соединениями бора приводит к понижению пожарной опасности и улучшению физико-механических свойств защитных материалов, что объясняется образованием борсилоксановых эластомеров при модифицировании каучуков СКТН и высокими координационными свойствами бора.

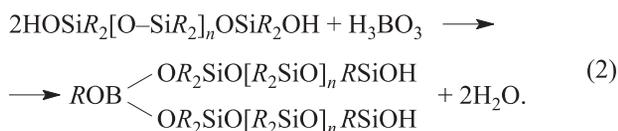
Ключевые слова: силоксановые покрытия, модифицирование, соединения бора.

Защитные материалы с силоксановым покрытием являются материалами пониженной пожарной опасности [1–3]. Однако некоторые физико-механические свойства этих материалов не позволяют использовать их на практике, в частности низкая адгезия к синтетическим тканям, что является недостатком при эксплуатации средств индивидуальной защиты, изготовленных из материалов с вулканизированным силоксановым покрытием.

Из литературы известно [4–8], что при взаимодействии низкомолекулярных полисилоксандиолов с эфирами борной кислоты происходит вхождение бора в силоксановую структуру:



Данное явление подтверждается также в работе [9], где отмечается вхождение бора в силоксановую структуру при взаимодействии полисилоксандиолов с борной кислотой:



Модифицирование жидких силоксановых каучуков СКТН соединениями бора приводит к существенному изменению свойств вулканизированных силоксановых покрытий. При этом даже небольшие количества бора (около 1 %) существенно повышают адгезию силоксановых композиций и покрытий к различным материалам. Специфические свойства борсилоксановых эластомеров объясняются образованием надмолекулярных структур за счет координационных связей бора [10].

В настоящей работе изучено модифицирование силоксановых покрытий защитных материалов соединениями бора в целях повышения физико-механических и защитных свойств покрытий.

Для получения вулканизированных силоксановых покрытий были использованы жидкие низкомолекулярные каучуки СКТН различных марок (ГОСТ 13875–73, изм. 1–4). В качестве отвердителей применялись этилсиликат-40 (ГОСТ 26371–84, изм. 1–2), тетраэтоксисилан марки А (ТУ 2435–419–05763441–2003), а также тетраэтоксититан и тетрабутоксититан (ТУ 6–09–2739–89). В качестве катализатора нами был использован октоат олова (катализатор 230–19) (ТУ 6–02–539–75), а в качестве модифицирующих соединений — борная кислота (ГОСТ 18704–78, изм. 1–3), борный ангидрид (ТУ 113–07–012–90) и

триэтиловый эфир борной кислоты (триэтилборат). Триэтилборат был получен взаимодействием тетраэтоксисилана с борным ангидридом по методике, изложенной в работе [11]:



В табл. 1 приведен состав силиконовых композиций и свойства материалов с силиконовым покрытием, модифицированным борной кислотой, борным ангидридом и триэтилборатом. В качестве тканевой основы материалов использована капроновая ткань арт. 56007. Из данных табл. 1 видно, что модифицирование силиконовых покрытий борной кислотой, борным ангидридом и триэтилборатом существенно понижает их пожарную опасность и улучшает физико-механические свойства. Особенно существенно (почти в 5 раз) возрастает прочность связи покрытия с тканевой основой, причем у материалов, полученных с использованием силиконового каучука СКТН-А, прочность такой связи заметно выше, чем у материала на более высокомолекулярном каучуке СКТН-Г. По-видимому, модифицирование силиконовых покрытий борной кислотой и ее производными происходит в первую очередь по силанольным группам Si–ОН, которых в каучуке СКТН-А приблизительно в 3 раза больше, чем в каучуке СКТН-Г. Это подтверждается данными анализа вулканизированных силиконовых покрытий на предмет содержания в них связанных соединений бора.

Анализ проводился по методике, описанной в работах [11, 12], путем гидролиза навески вулканизо-

ванного силиконового покрытия водным спиртом с последующим титрованием борной кислоты 0,1–0,2N NaOH с использованием в качестве индикатора фенолфталеина.

При исследовании свойств материалов с вулканизированным силиконовым покрытием воспламеняемость определяли по наличию поверхностной вспышки в соответствии с ГОСТ Р 50810–95, кислородный индекс — по ГОСТ 12.1.044–89, прочность связи основы с покрытием — по ГОСТ 8975–75.

Проведено исследование модифицированных борной кислотой силиконовых пленок методом ИК-спектроскопии. Инфракрасные спектры регистрировали на спектрофотометре AVATARTM 360-FT-JR-ESP. Образцы готовили по стандартной методике таблетирования вулканизированных модифицированных силиконовых пленок в бромиде калия. Анализ полученных инфракрасных спектров показал наличие характеристических полос поглощения в области 1340 см^{-1} , соответствующих группировкам Si–O–B, которых нет ни в спектре борной кислоты, ни в спектре вулканизированного силиконового каучука СКТН [13, 14]. Это свидетельствует о том, что при получении борсиликоновых эластомеров взаимодействием жидких низкомолекулярных полиметилсиликсандиолов СКТН с борной кислотой последняя входит в силиконовую цепь [14].

Проведено исследование модифицирования силиконовых покрытий соединениями бора с использованием для отверждения покрытий эфиров ортотитановой кислоты — тетраэтоксититана и тетра-

Таблица 1. Состав силиконовых композиций и свойства материалов с вулканизированными силиконовыми покрытиями

Компоненты и свойства материала	Содержание компонентов, масс. ч., и значение показателя полученного материала								
Каучук СКТН:									
марки А	100	–	–	–	100	–	–	–	100
марки Б	–	100	–	–	–	–	100	–	–
марки В	–	–	100	–	–	–	–	100	–
марки Г	–	–	–	100	–	100	–	–	–
Отвердитель:									
этилсиликат-40	15	–	12	–	12	–	15	–	15
тетраэтоксисилан	–	15	–	15	–	12	–	15	–
Модифицирующее соединение:									
борная кислота	5,0	10	–	–	–	–	–	7,5	–
борный ангидрид	–	–	2,5	5,0	–	–	7,5	–	–
триэтилборат	–	–	–	–	5,0	10	–	–	–
Катализатор:									
октоат олова	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Свойства материала с защитным покрытием</i>									
Воспламеняемость, с	48	55	50	57	49	59	61	52	40
Кислородный индекс, %	35	38	34	36	37	39	40	36	30
Прочность связи покрытия с основой, Н/см	12,3	10,5	9,9	9,4	12,5	8,7	11,0	9,8	2,1
Истираемость, г/(кВт · ч)	39,5	31,0	38,9	30,2	41,2	32,4	40,0	45,0	82,0
Масса 1 м ² , г	230	235	237	233	239	238	234	240	240

Таблица 2. Состав силоксановых композиций и свойства материалов с вулканизированными силоксановыми покрытиями

Компоненты и свойства материала	Содержание компонентов, масс. ч., и значение показателя полученного материала							
	Каучук СКТН:							
марки А	100	–	–	–	100	–	–	100
марки Б	–	100	–	–	–	–	100	–
марки В	–	–	100	–	–	–	–	–
марки Г	–	–	–	100	–	100	–	–
Отвердитель:								
этилсиликат-40	25	30	–	–	40	20	–	25
тетраэтоксисилан	–	–	30	25	–	–	35	–
тетраэтоксититан	25	–	–	40	–	–	30	–
тетрабутоксититан	–	30	40	–	25	35	–	30
Модифицирующее соединение:								
борная кислота	5,0	10	–	–	–	–	7,5	–
борный ангидрид	–	–	2,5	5,0	–	–	–	–
триэтилборат	–	–	–	–	5,0	10	–	–
<i>Свойства материала с защитным покрытием</i>								
Воспламеняемость, с	50	56	51	55	52	54	53	38
Кислородный индекс, %	36	37	35	36	34	37	36	29
Прочность связи покрытия с основой, Н/см	12,1	11,8	11,7	11,5	12,0	11,7	11,9	2,5
Истираемость, г/(кВт · ч)	44,0	42,5	43,8	41,8	44,6	42,1	43,0	75,0
Масса 1 м ² , г	241	235	241	238	232	236	240	242

бутоксититана. Составы силоксановых композиций и свойства материалов с вулканизированным и модифицированным соединениями бора силоксановым покрытием представлены в табл. 2. Данные табл. 2 показывают, что и в этом случае модифицирование силоксановых покрытий соединениями бора приводит к понижению их пожарной опасности и улучшению физико-механических свойств. При этом, однако, молекулярная масса взятого жидкого силоксанового каучука СКТН не оказывает заметного влияния на физико-механические свойства материалов. По-видимому, это объясняется тем, что при вулканизации эфиры ортотитановой кислоты блокируют силанольные группы каучуков СКТН и действие соединений бора приводит к разрыву силоксановых связей [8, 14] с образованием способных к вулканизации борсилоксановых эластомеров [14].

В инфракрасных спектрах поглощения силоксановых пленок на основе каучуков СКТН, модифицированных борной кислотой и вулканизированных

эфирами ортотитановой кислоты, также обнаруживается характеристическая полоса поглощения 1340 см⁻¹, указывающая на наличие группировок Si–O–B. Однако имеются и полосы поглощения 918–919 см⁻¹, а также характеристическая полоса поглощения при 980 см⁻¹, приписываемые валентным колебаниям связи Ti–O–Si [15].

Таким образом, модифицирование силоксановых покрытий защитных материалов соединениями бора понижает пожарную опасность и улучшает физико-механические свойства материалов, что объясняется образованием способных к вулканизации борсилоксановых эластомеров при модифицировании каучуков СКТН и высокими координационными свойствами бора.

Работа выполнена при поддержке гранта Российской Федерации № 09-03-97504 р_центр_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимофеева С. В., Осипов А. Е., Хелевина О. Г. Материалы пониженной пожарной опасности на основе отвержденных жидких силоксановых каучуков // Пожаровзрывобезопасность. — 2009. — Т. 18, № 5. — С. 25–30.
2. Пат. 2203993 Российская Федерация, С1 Д06 М15/643, 15/248, С08 К 21/14. Огнестойкий текстильный материал / Журко А. В., Хелевин Р. Н., Никитин Ю. А.; заявитель и патентообладатель НПО "Конверсипол" (г. Иваново); опублик. 15.07.2003, Бюл. № 14. — 4 с.

3. Пат. 2265683 Российская Федерация, С2 Д06 М15/693, С09 К21/06. Композиция для получения огнестойких текстильных материалов / Журко А. В., Хелевин Р. Н., Уткин Г. В. ; заявитель и патентообладатель НПО "Конверсипол" (г. Иваново) ; опубл. 10.12.2005, Бюл. № 34. — 4 с.
4. Андрианов К. А. Кремнийорганические соединения. — М. : Госхимиздат, 1956. — 268 с.
5. Андрианов К. А. Полимеры с неорганическими главными цепями молекул. — М. : Изд. АН СССР, 1962. — 389 с.
6. Андрианов К. А. Элементоорганические полимерные соединения // Успехи химии. — 1958. — Т. 27, № 8. — С. 1267–1295.
7. Андрианов К. А., Жданов А. А. Поликонденсация как метод получения полидиалкилсилоксановых и полиалюмосилоксановых эластомеров // ДАН СССР. — 1961. — Т. 138, № 3. — С. 361–365.
8. Борисов С. Н., Воронков М. Г., Лукевиц Э. Я. Кремнеэлементоорганические соединения. — М. : Химия, 1966. — С. 164–235.
9. Лобков В. Д., Клебанский А. Л., Коган Э. В. Взаимодействие полисилоксандиолов с борной кислотой // Изв. АН Латв. ССР. Сер. Хим. — 1965. — № 1. — С. 114–122.
10. Грубер В. Н., Клебанский А. Л., Дегтева Т. Г., Кузминский А. С., Михайлова Т. А., Кузьмина Е. В. Влияние надмолекулярной структуры на термостойкость силоксановых эластомеров // Высокомолекулярные соединения. — 1965. — Т. 7, № 3. — С. 462–469.
11. Воронков М. Г., Згонник В. Н. Кремнеорганические производные борной кислоты — трис(триалкилсилил)бораты и полибороорганосилоксаны // ЖОХ. — 1957. — Т. 27, № 11. — С. 1476–1481.
12. Vale R. L. The Synthesis and Irradiation of Polyborosiloxanes // J. Chem. Soc. — 1960. — № 12. — P. 2252–2256.
13. Андрианов К. А., Хананашвили Л. М., Варламов А. В., Тихонов В. С. Синтез боросилоксановых олигомеров и их гидролитическая стабильность // Пластмассы. — 1964. — № 3. — С. 20–24.
14. Воронков М. Г., Милешкевич В. П., Южелевский Ю. А. Силоксановая связь. — Новосибирск : Наука, 1976. — 413 с.
15. Андрианов К. А., Курашева Н. А., Лаврухин В. Д., Кутейникова Л. И. О реакции конденсации тетрабутоксититана с α -, ω -диоксиполидиметилсилоксанами // Высокомолекулярные соединения. — 1972. — Т. А 14, № 11. — С. 2450–2456.

*Материал поступил в редакцию 15 марта 2010 г.
Электронный адрес авторов: timofeeva63@bk.ru.*



М. А. Долгова

аспирант Казанского государственного технологического университета, г. Казань, Республика Татарстан



А. Д. Галеев

канд. техн. наук, доцент Казанского государственного технологического университета, г. Казань, Республика Татарстан



С. И. Поникаров

д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой Казанского государственного технологического университета, г. Казань, Республика Татарстан

УДК 614.8

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРОЦЕСС ИСПАРЕНИЯ НАГРЕТОЙ ЖИДКОСТИ С ПОВЕРХНОСТИ АВАРИЙНОГО ПРОЛИВА

Рассмотрена математическая модель испарения нагретой жидкости с поверхности аварийного пролива. Проведено исследование влияния температуры окружающей среды на процесс испарения нагретой жидкости на примере гексана, реализованное в программном пакете "Fluent".

Ключевые слова: испарение, температура окружающей среды, аварийный пролив.

Обеспечение безопасности промышленных объектов предполагает использование процедуры анализа и оценки риска аварий, основу которой составляет определение последствий и вероятности нежелательных событий. Важный этап анализа риска опасных производственных объектов — расчет количественных показателей возможных аварий.

Наиболее распространенный тип аварий на химических и нефтехимических предприятиях связан с разгерметизацией оборудования на этапах хранения, транспортирования и переработки веществ, находящихся в жидком состоянии, которые могут сопровождаться проливами токсичных и (или) пожаровзрывоопасных жидкостей. Для локализации и ликвидации подобной ситуации важно спрогнозировать масштаб последствий аварии, определяющим фактором которого является масса вещества, способного участвовать в образовании взрывоопасной паровоздушной смеси и оказывать токсическое воздействие. Для решения данной задачи необходимо знание количественных характеристик процесса испарения со свободной поверхности.

Как показывает анализ современных методик оценки последствий аварий, испарению нагретых жидкостей не уделяется достаточного внимания, вследствие чего в основе расчета этого процесса могут лежать упрощенные зависимости и выражения. Более того, интенсивность испарения жидкостей

с поверхности пролива в наибольшей степени зависит от метеорологических условий и локальных особенностей местонахождения пролива, благодаря чему адекватный расчет испарения в случае локальной чрезвычайной ситуации представляет собой сложную задачу, не имеющую до сих пор определенного решения [1].

В данной статье рассмотрена математическая модель испарения нагретой жидкости с поверхности аварийного пролива в случае частичной разгерметизации резервуара и пролива жидкости на поверхность.

При разработке модели испарения были сделаны следующие допущения:

- 1) жидкость однокомпонентная, что предполагает постоянство ее свойств по всему объему;
- 2) жидкость идеально перемешана. Температура в слое жидкости распределена равномерно;
- 3) свободная поверхность жидкости считается неподвижной;
- 4) пар на поверхности испарения насыщен.

Данная модель основана на решении системы дифференциальных уравнений в частных производных, что позволяет учитывать динамику воздушного потока и охлаждение жидкости в результате теплообмена с подстилающей поверхностью и окружающим воздухом. Для дискретизации диффе-

ренциальных уравнений применяется метод контрольного объема, реализованный в пакете “Fluent”.

На поверхности пролива жидкости концентрация пара определяется исходя из гипотезы о термодинамическом равновесии между жидкостью и ее паром у поверхности раздела. Согласно закону Рауля объемная доля пара на межфазной границе

$$Y_w = P_n(T_l)/P_0, \quad (1)$$

где Y_w — мольная доля примеси на поверхности испарения;

$P_n(T_l)$ — давление насыщенных паров при температуре жидкости T_l ;

P_0 — давление окружающего воздуха.

Давление насыщенных паров в зависимости от температуры определялось из уравнения [2]:

$$P_n(T_l) = \exp(A + B/T + X \ln(T) + DT^E), \quad (2)$$

где A, B, X, D, E — коэффициенты, значения которых приведены в табл. 1.

Массовый поток с поверхности пролива определялся на основе стандартных функций с учетом поправки на стефановский поток [1]:

$$J_w = K_s \frac{(C_{i,w} - C_{i,p})\rho u_*}{C^+}, \quad (3)$$

где J_w — массовый поток с поверхности пролива;

K_s — коэффициент, учитывающий стефановский поток;

C — массовая концентрация паров жидкости;

p — индекс, относящийся к узлу расчетной сетки, прилегающему к поверхности пролива;

w — индекс, относящийся к поверхности аварийного пролива;

i — индекс, относящийся к переносимой токсичной примеси;

ρ — плотность паровоздушной смеси;

u_* — скорость трения;

$$C^+ = \begin{cases} Sc y^+ & \text{при } y^+ < y_c^+; \\ Sc_t (u^+ + P_c) & \text{при } y^+ > y_c^+; \end{cases}$$

$$y^+ = \rho u_* y_p / \mu, \quad (4)$$

где Sc и Sc_t — молекулярное и турбулентное числа Шмидта;

y_c^+ — безразмерное расстояние, определяемое в точке пересечения линейного и логарифмического закона стенки для концентрации;

u_* — скорость трения; $u_* = (\tau_w / \rho) 0,5$;

τ_w — напряжение трения на стенке;

y_p — расстояние по нормали от поверхности испарения до соседнего узла расчетной сетки;

μ — коэффициент молекулярной динамической вязкости;

$$u^+ = \frac{1}{\kappa} \ln(Ey^+) - \Delta B; \Delta B = \frac{1}{\kappa} \ln(1 + C_{z_0} z_0^*); \quad (5)$$

$$z_0^* = \rho z_0 u_* / \mu;$$

κ — константа Кармана; $\kappa = 0,41$;

E — константа в логарифмическом законе стенки для скорости; $E = 9,1$;

z_0 — высота шероховатости твердой поверхности, м;

$$P_c = 9,24 \left[\left(\frac{Sc}{Sc_t} \right)^{3/4} - 1 \right] [1 + 0,28 e^{-0,007 Sc / Sc_t}]. \quad (6)$$

Для расчета коэффициента, учитывающего стефановский поток, использовалось уравнение [3]:

$$K_s = \frac{\ln[1/(1 - C_{i,w})]}{C_{i,w}}, \quad (7)$$

где $C_{i,w}$ — массовая доля примеси на поверхности испарения.

Изменение температуры жидкости рассчитывалось из уравнения теплового баланса:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{q_a + q_n - q_{исп}}{\alpha_l C_{pl}}; q_a = \frac{(T_l - T_p) C_p \rho u_*}{T^+}, \quad (8)$$

где α_l — масса жидкости, отнесенная к единице площади поверхности пролива, кг/м².

Тепловой поток от атмосферного потока q_a (Вт/м²) определялся с помощью пристеночных функций [5]:

$$T^+ = \begin{cases} Pr y^+ & \text{при } y^+ < y_T^+; \\ Pr_t (u^+ + P_T) & \text{при } y^+ > y_T^+; \end{cases} \quad (9)$$

$$P_T = 9,24 \left[\left(\frac{Pr}{Pr_t} \right)^{3/4} - 1 \right] [1 + 0,28 e^{-0,007 Pr / Pr_t}].$$

Тепловой поток от поверхности к глубинным слоям грунта q_n (Вт/м²) ($q_n = \lambda(\partial T / \partial y)_{y=0}$) определялся из численного решения трехмерного нестационарного уравнения теплопроводности для твердого подстилающего слоя:

$$C_n \rho_n \frac{\partial T_n}{\partial t} = \lambda_n \left(\frac{\partial^2 T_n}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_n}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T_n}{\partial z^2} \right), \quad (10)$$

где $T_n(x, y, z)$ — распределение температур в слое грунта;

C_n, ρ_n, λ_n — теплоемкость, плотность и коэффициент теплопроводности грунта соответственно;

T_0 — начальная температура слоя грунта.

Таблица 1

Коэффициент	A	B	X	D	E
Значение коэффициента	165,47	-8353,3	-23,927	0,02949	1

Таблица 2

Название вещества	Температура, К	Давление насыщенных паров, Па	Интенсивность испарения, кг/(м ² ·с)		Погрешность расчета по (1) – (12), %
			рассчитанная по (1) – (12)	экспериментальная [4]	
Толуол	294	2969	0,001505	0,001247	20,7
	302	4492	0,0011745	0,00094	24,9
Циклогексан	297	12508	0,0014723	0,001636	10,0
Гексан	268	4554	0,0017	0,00154	10,4
	295	17490	0,002877	0,003022	4,8
Метанол	280	4734	0,0006957	0,0007083	1,8

Краевые и начальные условия уравнения теплопроводности имеют вид:

- на твердой поверхности, прилегающей к проливу:

$$T_n = T_i;$$

- на нижней и боковых границах подстилающего слоя:

$$\partial T_n / \partial x = 0, \quad \partial T_n / \partial y = 0, \quad \partial T_n / \partial z = 0;$$

- распределение температур в начальный момент времени в подстилающем слое:

$$T_n(0, x, y, z) = T_0, \quad (11)$$

где T_0 — начальная температура слоя грунта.

Вне аварийного пролива решалась сопряженная задача теплообмена паровоздушного потока с подстилающим твердым слоем. Тепловой поток со стороны воздушного потока рассчитывался с помощью пристеночных функций.

Теплота, отводимая от жидкости при испарении, $q_{исп}$ (Вт/м²) определяется по формуле

$$q_{исп} = \Delta H J_w, \quad (12)$$

где $q_{исп}$ — теплота, отводимая от жидкости при испарении, Вт/м²;

ΔH — теплота испарения жидкой фазы;

w — индекс, относящийся к поверхности аварийного пролива.

Определенная таким образом временная зависимость интенсивности испарения использовалась в качестве граничного условия в области источника в задаче распространения паров в атмосфере, включающей в себя решение трехмерных нестационарных уравнений неразрывности, переноса импульса, энергии, примеси, замыкаемых уравнением состояния идеального газа и стандартной k - ϵ -моделью турбулентности. Используемая модель рассеивания примеси в атмосфере подробно представлена в работе [4].

Для проверки адекватности численной модели было проведено сопоставление результатов моделирования с данными натурального эксперимента, представленными в работе [6]. Рассматриваемый эксперимент проводился при различных климатических условиях в течение всего дневного времени.

Процесс испарения происходил с поверхности жидкости, в поддоне. Поддон располагался на пенопласте высотой 5 см, что позволяло пренебречь теплообменом с грунтом. Жидкость поступала из резервуара в поддон через специальную трубку для поддержания постоянного уровня. Геометрические характеристики пролива: высота поддона — 5 см, диаметр — 0,61 м, высота слоя жидкости — 5 см. Погрешность эксперимента в статье не приведена. Численное моделирование испарения рассматривалось с учетом возмущающего влияния поддона и пенопласта. Результаты сравнения представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, в целом наблюдается удовлетворительное согласие результатов расчета с экспериментом.

Для исследования динамики испарения нагретой жидкости с поверхности пролива рассматривалась гипотетическая авария с проливом гексана на бетонной поверхности площадью 200 м². Начальная температура легковоспламеняющейся жидкости принималась равной 60 °С. Температура воздуха и подстилающей поверхности принималась 38 °С. Процесс испарения рассматривался при скорости ветра 1 м/с и при различных температурах окружающей среды.

Было проведено сравнение результатов расчетов по разработанной модели и эмпирической формуле [7]:

$$J_w = \sqrt{M} \cdot 10^{-6} \cdot (5,83 + 4,1V) P_n; \quad m = J_w F_{ж} t, \quad (13)$$

где J_w — интенсивность испарения, кг/(м²·с);

M — молекулярная масса вещества, кг/моль;

m — количество испарившейся жидкости, кг;

$F_{ж}$ — площадь пролива, м²;

V — скорость ветра, м/с;

P_n — давление насыщенных паров, мм рт. ст.;

t — время, с.

Анализ графиков (рис. 1 и 2) показывает, что при более высокой температуре окружающей среды интенсивность испарения выше вследствие меньшей движущей силы процесса теплообмена, обуславливающей менее резкое охлаждение жидкости. Примечателен тот факт, что в начальный период

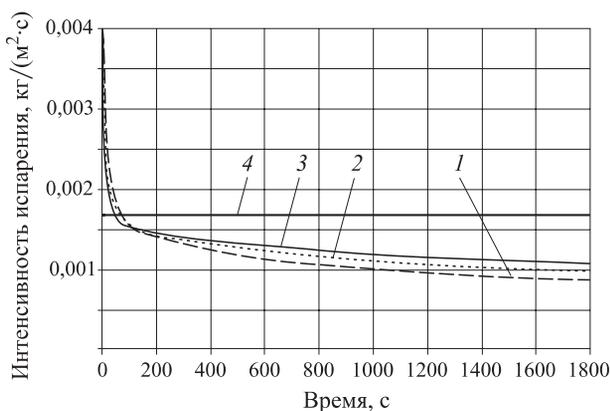


Рис. 1. Изменение интенсивности испарения гексана во времени, рассчитанной по численной модели (1, 2, 3) и по эмпирической формуле (4) при температуре окружающей среды: 1 — 20 °С; 2 — 35 °С; 3 — 45 °С

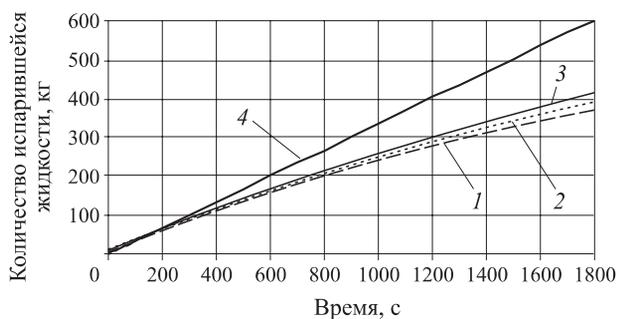


Рис. 2. Изменение количества испарившейся жидкости во времени, рассчитанного по численной модели (1, 2, 3) и по эмпирической формуле (4) при температуре окружающей среды: 1 — 20 °С; 2 — 35 °С; 3 — 45 °С

(до 200 с) интенсивности испарения при рассматриваемых температурах окружающей среды прак-

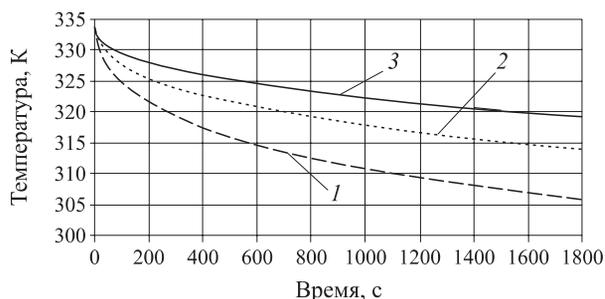


Рис. 3. Изменение температуры гексана во времени, рассчитанной по численной модели (1, 2, 3) и по эмпирической формуле (4) при температуре окружающей среды: 1 — 20 °С; 2 — 35 °С; 3 — 45 °С

тически совпадают, притом что температуры жидкой фазы отличаются (рис. 3). Это обусловлено тем, что при высокой движущей силе процесса теплообмена на процесс испарения большое влияние оказывают конвективные течения, способствующие росту интенсивности испарения. Интенсивность испарения и количество испарившейся жидкости, вычисленные по эмпирической формуле, значительно выше, чем рассчитанные по модели. Это объясняется тем, что давление насыщенных паров берется при начальной температуре жидкости и не учитывает влияния температуры окружающей среды, а следовательно, и охлаждения жидкости.

Учет нестационарности процесса парообразования вследствие разности температур окружающей среды и пролитой жидкости важен при определении количества опасного вещества, способного участвовать в создании поражающих факторов аварий. Правильная оценка масштабов возможных аварий необходима для принятия адекватных мер по обеспечению безопасности персонала и населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Иванов А. В.** Разработка методических основ оценки последствий химических промышленных аварий (на примере металлургического комбината) : дис. ... канд. тех. наук : 05.26.04 / Иванов Андрей Валерьевич. — М., 1999. — 243 с.
2. ChemCad 5.2: User's Guide. Chemstations Inc.
3. **Воротилин В. П., Хейфиц Л. И.** Расчет процесса конденсации хлора в присутствии инертной смеси // Химическая промышленность. — 1987. — № 8. — С. 502–506.
4. **Галеев А. Д., Гасилов В. С., Поникаров С. И.** Численный анализ аварий на объектах использования сжиженных газов // Безопасность жизнедеятельности. — 2006. — № 12. — С. 30–36.
5. **Патанкар С.** Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. — М. : Энергоатомиздат, 1984. — 145 с.
6. **Peter I.** The evaporation of volatile liquids / Peter I., Kawamura and Donald // Journal of Hazardous Materials. — 1987. — No. 15. — P. 343–364.
7. Методика оценки последствий химических аварий (методика “Токси”). Редакция 2.2 // Методики оценки последствий аварий на опасных производственных объектах : сб. документов / ГУП НТЦ “Промышленная безопасность”. Сер. 27: Декларирование промышленной безопасности и оценка риска. — 2002. — Вып. 2. — С. 121–204.

Материал поступил в редакцию 14 апреля 2010 г.
Электронный адрес авторов: kid2302@mail.ru.



А. Я. Корольченко
д-р техн. наук, профессор, заведующий
кафедрой МГСУ, г. Москва, Россия



С. А. Бушманов
аспирант МГСУ, г. Москва, Россия

УДК 614.841

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ПОЖАРНОГО РИСКА

Авторами рассмотрен вопрос количественной оценки величины пожарного риска в мире и на территории Российской Федерации. Проведен анализ в области пожарной безопасности по существующим методам оценки пожарного риска. Выбраны приоритетные факторы, определяющие величину пожарного риска. Предложены решения модернизации существующей методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, строениях и сооружениях различных классов функциональной опасности.

Ключевые слова: пожарный риск, гибкое нормирование, методика, факторы.

Введение

В 2008 г. в области пожарной безопасности наступил переломный момент — был принят Федеральный закон №123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”, который вступил в силу 1 мая 2009 г. В связи с этим особую актуальность в настоящее время приобретает выработка и внедрение в отечественную практику научно обоснованных методик количественной оценки величины пожарного риска, позволяющих устанавливать соответствие реально существующего уровня пожарного риска законодательно установленному предельному значению.

В последнее десятилетие в большинстве промышленно развитых стран происходит переход от жесткого нормирования требований пожарной безопасности при проектировании зданий и сооружений к гибкому или объективно ориентированному нормированию. Сущность этого подхода состоит в том, что устанавливаются цели, которым должна соответствовать система пожарной безопасности объекта, но не регламентируются проектные решения для их достижения. Этому в англоязычной литературе соответствует термин *performance-based codes*, что в дословном переводе означает “нормирование, основанное на выполнении задачи”. Таким образом, к минимуму сводятся ограничения в устройстве объекта за счет использования новых подходов к обеспечению пожарной безопасности. В итоге достигается более высокая экономическая эффективность проектных решений.

Проектные решения в традиционной форме жестко регламентированы. Гибкое нормирование, в свою очередь, закононо разрешает применение альтернативных проектных решений, которые могут быть реализованы с помощью методов количественной оценки величины пожарного риска. Эти методы должны позволять на основании заданных характеристик объекта прогнозировать возможность возникновения и развитие пожара, эвакуацию людей; оценивать возможный ущерб и последствия от пожара. Имея количественные данные о поведении такой сложной системы в условиях пожара, можно установить степень соответствия применяемых для данного объекта проектных решений нормативным требованиям по пожарной безопасности. Кроме того, методы количественного прогнозирования развития и последствий пожара необходимы для оценки экономической эффективности различных проектных решений, а также для определения тарифов страхования ответственности и имущественного страхования при пожаре.

Методы, применяемые для оценки величины пожарного риска

На данный момент в мире отсутствует единый метод оценки величины пожарного риска, который мог бы быть принят в качестве обязательного в нормативной документации. Западные страны пошли по пути анализа риска (как правило, на основе логических деревьев), и конкретные методики его оценки законодательно устанавливаются для объектов,

© Корольченко А. Я., Бушманов С. А., 2010

представляющих повышенную опасность: атомных электростанций, хранилищ и терминалов сжиженного природного газа, а также производств взрывчатых веществ. Для остальных объектов законодательно устанавливаются лишь общие принципы, по которым должна оцениваться величина пожарного риска, а методики расчетов издаются в качестве рекомендаций, сопровождающих соответствующие стандарты.

Давайте остановимся и разберем те методы, которые уже существуют для оценки величины пожарного риска:

1. *Качественный метод.* Вероятность и последствия выражаются на уровне качественного описания. Пример, заполнение поверочных листов.

2. *Полуколичественный метод.* Часть аспектов рассматривается количественно, а другая часть — на качественном уровне. Пример, метод построения логических деревьев событий при пожаре и расчет вероятности реализации различных сценариев без исследования последствий каждого сценария.

3. *Количественный метод.* Оценка риска включает расчет обеих составляющих риска (вероятности и последствий). Пример, определение риска как вероятности наступления тех или иных последствий пожара (гибель людей, материальный ущерб и экономические потери) в единицу времени, как правило за год. Такой метод требует значительных ресурсов вычислительной техники и, соответственно, времени по сравнению с остальными методиками.

Определение величины пожарного риска

Принятый в 2008 г. Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» установил требования к пожарной безопасности объекта защиты. Согласно этому закону защита объекта считается обеспеченной, если:

- в полном объеме выполнены обязательные требования пожарной безопасности, установленные федеральными законами о технических регламентах;
- пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных настоящим Федеральным законом.

В Федеральном законе № 123-ФЗ говорится о выполнении обязательных требований пожарной безопасности, установленных федеральными законами о технических регламентах, и непревышении допустимых значений величины пожарного риска. Поэтому для расчетной оценки пожарного риска (общественных зданий и сооружений) разработана методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, строениях и сооружениях различных классов функциональной пожарной опас-

ности (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009).

Акцент в этой методике сделан на необходимости оценки и управления рисками, связанными с возможным причинением ущерба жизни и здоровью людей (поражение опасными факторами пожара), и принятия мер по снижению частоты их возникновения и последствий. Таким образом, данная методика устанавливает порядок расчета индивидуального пожарного риска для персонала и посетителей общественных зданий. Численным выражением индивидуального пожарного риска является частота воздействия опасных факторов пожара (ОФП) на человека, находящегося в общественном здании.

Сущность оценки пожарного риска сводится к определению количественной величины уровня обеспечения безопасности людей при пожарах, который отвечает требованиям, если

$$Q_B \leq Q_B^H,$$

где Q_B — расчетная величина индивидуального пожарного риска;

Q_B^H — нормативное значение индивидуального пожарного риска; $Q_B^H = 10^{-6} \text{ год}^{-1}$.

Таким образом, для общественных зданий и сооружений существует необходимость в оценке величины пожарного риска как функции, зависящей от многих составляющих ее факторов. Эти закономерности (факторы) должны установить количественную связь между величиной пожарного риска для объектов общественного назначения и требованиями по обеспечению пожарной безопасности.

В соответствии с п. 28 ст. 2 Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» пожарный риск — мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей. Величину пожарного риска представляем как произведение вероятности реализации пожарной опасности объекта защиты на ее последствия для людей и материальных ценностей:

$$P_{\text{риск}} = Q_B (V_L + V_M + V_3),$$

где $P_{\text{риск}}$ — величина пожарного риска объекта защиты (общественные здания и сооружения), выражаемая количественно;

Q_B — вероятность реализации пожарной опасности объекта защиты; является, по сути, расчетной величиной индивидуального пожарного риска (см. выше);

V_L — последствия для людей в случае реализации пожара, включающие:

– гибель людей;

- травмирование людей;
- отравление людей в результате воздействия ОФП;
- ожоги, полученные при пожаре;
- U_M — последствия для материальных ценностей в случае реализации пожара; включающие:
 - полное уничтожение конструкций здания в результате пожара;
 - частичное уничтожение конструкций здания в результате пожара;
 - возможность вторичного использования здания после пожара;
- $U_э$ — последствия для экологии, включающие:
 - малый ущерб окружающей среде;
 - значительный ущерб окружающей среде.

Факторы, определяющие величину пожарного риска

При оценке последствий для людей, материальных ценностей и экологии в случае реализации пожара необходимо учитывать наиболее приоритетные (диктующие) направления, оказывающие существенное влияние на величину пожарного риска.

К данным факторам (диктующим направлениям) можно отнести огромное количество закономерностей, но остановимся на основных из них:

- 1) объемно-планировочные решения:
 - деление здания на противопожарные отсеки;
 - длина, ширина и высота путей эвакуации;
- 2) огнестойкость строительных конструкций;
- 3) основные источники загорания;
- 4) постоянная и временная пожарные нагрузки;

- 5) системы обнаружения пожара;
- 6) система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- 7) системы автоматического пожаротушения;
- 8) действия пожарных подразделений при поступлении вызова “пожар”;
- 9) противопожарный режим на объекте защиты.

Выводы

1. Количественная оценка величины пожарного риска для общественных зданий и сооружений необходима для того, чтобы:

- установить степень соответствия применяемых для объекта проектных решений нормативным требованиям по пожарной безопасности;
- оценить экономическую эффективность различных проектных решений;
- определить тарифы страхования ответственности и имущественного страхования при пожаре.

2. На данный момент оценку величины пожарного риска для общественных зданий проводят только на основе расчета воздействия на людей поражающих факторов пожара и использования принятых мер для снижения частоты их возникновения и последствий.

3. В связи с вышеизложенным в данной ситуации существует необходимость в создании методики для оценки величины пожарного риска с учетом факторов, оказывающих влияние на реализацию пожарной опасности объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ : принят Гос. Думой 4 июля 2008 г. : одобр. Советом Федерации 11 июля 2008 г. — М. : ФГУ ВНИИПО, 2008. — 157 с.
2. **ГОСТ 12.1.004–91***. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. — Введ. 1992–07–01. — М. : ИПК Издательство стандартов, 2002.
3. **Осипова М. Н.** Методическое пособие по оценке пожароопасности помещений различного назначения методом Гретенера. — М. : НОУ “Такир”, 1992. — 31 с.
4. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : приложение к Приказу МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 : зарегистр. в Минюсте РФ 6 августа 2009 г., рег. № 14486 [электронный ресурс]. URL : <http://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 20.04.2010).
5. Анализ пожарных рисков. Часть I: Подходы и методы // Научный журнал “Проблемы анализа риска”. — 2009. — Т. 6, № 3.

*Материал поступил в редакцию 30 апреля 2010 г.
Электронный адрес авторов: sa.bushmanov@gmail.com.*

**В. И. Зыков**

д-р техн. наук, профессор, начальник кафедры Академии Государственной противопожарной службы МЧС РФ, г. Москва, Россия

**А. П. Иванников**

преподаватель Академии Государственной противопожарной службы МЧС РФ, г. Москва, Россия

**М. С. Левчук**

руководитель департамента маркетинга и продаж ОАО "Аргус-Спектр", г. Санкт-Петербург, Россия

УДК 614.841.46:643.5

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ В СОСТАВЕ ЕДДС

Проведен анализ систем адресного радиоканального мониторинга раннего обнаружения пожара на особо опасных объектах с последующей автоматической передачей по радиоканалу сигнала тревоги в диспетчерский центр ЕДДС. Сформулированы технические требования к структуре системы радиоканального мониторинга и определена принадлежность составляющих системы различным собственникам. Предложен обобщенный комплексный критерий со средневзвешенными коэффициентами относительной важности, который дает возможность из большого числа предлагаемых систем построения радиоканального мониторинга пожароопасных объектов выбрать оптимальный вариант.

Ключевые слова: МЧС, центр управления силами, единая дежурно-диспетчерская служба, пульт централизованного наблюдения, система радиоканального мониторинга, чрезвычайная ситуация, система массового обслуживания, охранно-пожарная сигнализация, пожар, сигнал тревоги, пожарная безопасность, радиооборудование, объект, радиосистема, радиопередатчик, радиоприемник.

В современных условиях повысить эффективность оперативного реагирования подразделений пожарной охраны и аварийно-спасательных служб на возникновение локальных ЧС невозможно без изменения технологии сбора, обработки и передачи информации персоналу.

Применение радиооборудования для раннего обнаружения пожаров и других аварийных и тревожных ситуаций обусловлено проблемами, связанными с контролем за функционированием и с охраной нетелефонизированных объектов, территориально разнесенных производств, газо- и нефтетрубопроводов, теплосетей, газовых сетей и т. п. Отсутствие телефонных линий или низкое качество телефонной связи, нестабильность и несоответствие параметров телефонных линий зачастую делают невозможным или экономически нецелесообразным использование традиционных систем охранной сигнализации.

Использование радиоканала для передачи сообщений повышает надежность системы охраны, позволяет снизить ее стоимость по сравнению с проводными системами охраны аналогичного класса. Широкое применение радиосистем дальнего радиуса действия для охранно-пожарного мониторинга стало

свершившимся фактом. Радиосистемы данного класса оказались востребованы на рынке в силу следующих особенностей:

- независимость от наличия проводных линий телефонной связи;
- быстрота развертывания в конкретных условиях организации радиосвязи;
- относительно низкая стоимость центрального и объектового оборудования.

Анализ развития ряда крупных пожаров по материалам обзора МЧС России "О состоянии пожаротушения в Российской Федерации за 2006–2008 годы" позволил обобщить статистические данные и вывести графическую зависимость объемов материального ущерба при пожаре от времени его свободного развития (рис. 1).

Среднее время поступления сигнала тревоги на ЦУС ГПС МЧС России с момента возникновения самого пожара 10–15 мин. Среднее время прибытия сил и средств ГПС на тушение пожара в городах составляет до 10 мин, в сельской местности — до 20 мин. Таким образом, среднее время свободного развития пожара может достигать 20 мин.

Из графика, представленного на рис. 1, видно, что через 20 мин свободного горения пожар набирает

© Зыков В. И., Иванников А. П., Левчук М. С., 2010

мощность и материальный ущерб от него увеличивается в геометрической прогрессии. Кроме того, если период свободного горения превышает 20 мин, на пожаре может произойти и гибель людей.

Использование системы адресного радиоканального мониторинга раннего обнаружения пожара на объектах с автоматической передачей по радиоканалу сигнала тревоги в центр Единой дежурно-диспетчерской службы (ЕДДС) (без участия “человеческого фактора”) дает возможность сократить (до 1 мин) среднее время сообщения о пожаре и значительно уменьшить время свободного развития пожара (до 20 мин). Кроме того, применение системы адресного мониторинга пожарной безопасности объектов не позволяет доводить пожар до большого развития (см. рис. 1, область развития пожара более 20 мин) и тем самым исключает возможность гибели людей непосредственно на пожаре [1].

В настоящее время широкое распространение получили новые отечественные системы мониторинга пожароопасных объектов в составе ЕДДС муниципального образования. Эти системы имеют высокую надежность, улучшенные технические и эксплуатационные характеристики, расширенные функциональные возможности за счет применения новейшей элементной базы. Основными целями построения радиоканальной системы адресного мониторинга безопасности объектов являются:

- раннее обнаружение пожаров и чрезвычайных ситуаций различного вида с последующей автоматической передачей сигнала непосредственно диспетчеру в центр ЕДДС города с использованием радиоканальных (беспроводных) систем передачи информации;
- полное исключение “человеческого фактора” при задержке сообщения о пожаре или ЧС различного вида, что позволяет независимо от действий персонала диспетчерской службы при возникновении пожара или ЧС на объекте в центр ЕДДС города передать сигнал (угроза пожара или ЧС) с указанием адреса объекта и его поэтажной планировки;
- возможность отображения всех событий на дисплее у диспетчера ЕДДС в реальном масштабе времени, что обеспечивает своевременное принятие им управленческих решений и, соответственно, позволяет избежать большого числа жертв и значительно снизить материальный ущерб от пожаров и ЧС.

Все радиосистемы по структуре построения можно разделить на две группы. К первой, более традиционной, группе относятся радиосистемы циклического типа, реализующие принцип непрерывного контроля радиоканала. Ко второй группе относятся радиосистемы спорадического типа,

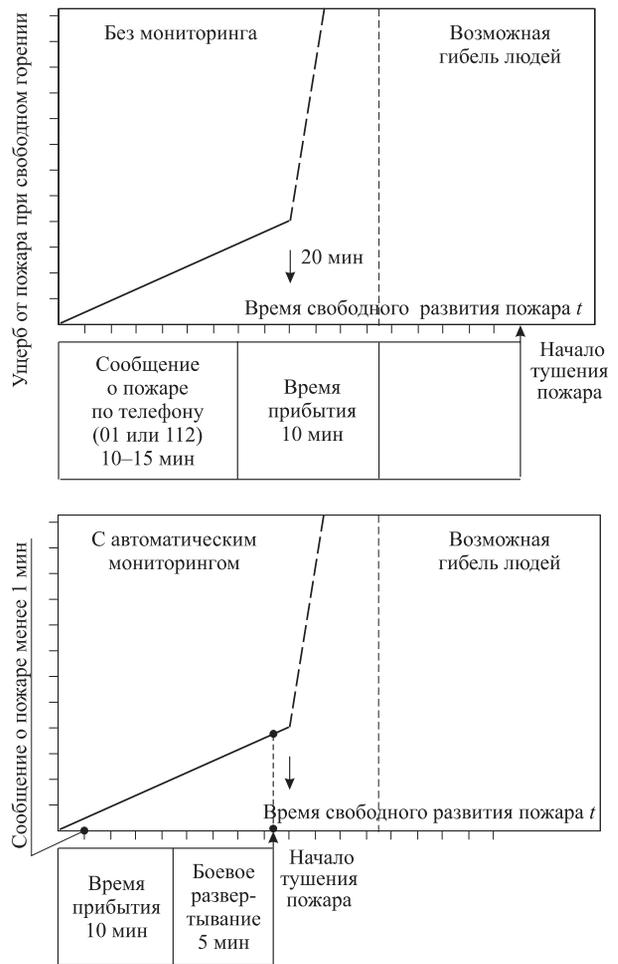


Рис. 1. Зависимость объемов ущерба при пожаре от времени свободного развития пожара

ориентированные на повышенную информационную емкость и эффективное использование радиочастотного ресурса.

Радиосистемы первого типа характеризуются следующими свойствами:

- регулярным централизованным циклическим опросом всех абонентов радиосети (цикл опроса 1–2 мин);
- обязательным наличием прямой и обратной связи с абонентом радиосети;
- сложностью создания дубля пульта централизованного наблюдения (ПЦН), так как это связано с передачей функций управления и циклического опроса;
- при увеличении дальности связи с использованием ретрансляторов снижением вдвое информационной емкости (и так небольшой) при работе на одной частоте (отсюда необходимость использования нескольких частот);
- автоматической выдачей собственнику от ПЦН информации, подтверждающей факт взятия или снятия с охраны объекта, на объектовый блок абонента радиосети;

- автоматическим выявлением и оперативным определением (в течение 1–2 циклов опроса — за несколько минут) факта потери связи с любым абонентом радиосети;
- небольшой информационной емкостью на одной частоте (от нескольких десятков до сотни абонентов);
- высокой стоимостью абонентского оборудования;
- неэкономным использованием частотного ресурса.

Радиосистемы второго типа характеризуются следующими свойствами:

- передачей данных от абонентов радиосети в направлении ПЦН, осуществляемой спорадически, по инициативе абонента (при изменении его состояния, при тревоге, при формировании тест-сигнала и т. п.);
- наличием двусторонней связи между абонентом и ПЦН.

Радиосистемы первого типа широко применяются подразделениями вневедомственной охраны МВД России, так как реализуют традиционную логику работы с охраняемым объектом, а также на основании мнения о том, что реализация принципа непрерывного контроля канала связи “делает ее неуязвимой по отношению к любым действиям злоумышленников”. Однако создать мощную помеху на рабочей частоте вблизи ПЦН, блокирующую работу всей системы на 15–20 мин, для хорошо подготовленного злоумышленника не составит особого труда. Таким образом, тезис о “неуязвимости” подобных систем зачастую несостоятелен.

Радиосистемы второго типа также могут быть уязвимы к подобным действиям злоумышленников.

Пути повышения устойчивости радиосистем к подобным действиям и воздействию естественных помех могут быть следующими:

- создание нескольких ПЦН, территориально удаленных друг от друга и дублирующих друг друга;
- создание радиосети ретрансляторов, дублирующих друг друга;
- использование дополнительных каналов передачи данных от объекта на ПЦН (например, сочетание телефонной сети с радиоканалом или частотных диапазонов VHF с СВ, UHF с СВ или VHF с UHF).

Значительно проще и дешевле реализовать перечисленные выше мероприятия в радиосистемах второго типа, которые нашли широкое применение в коммерческих системах охранно-пожарного мониторинга, ориентированных на массового потребителя. В настоящее время данные системы широко используются подразделениями вневедомственной охраны МВД России.

Требования к структуре системы адресного радиоканального мониторинга безопасности объектов

Построение комплексной радиоканальной системы адресного мониторинга раннего обнаружения пожаров и ЧС различного вида с использованием радиоканальных систем передачи информации технически должно быть реализовано следующим образом.

Основная часть радиооборудования образует радиосеть для передачи сигналов извещений о пожарах и ЧС различного вида от защищаемого объекта, на котором установлен стационарный радиопередатчик, до диспетчерского центра ЕДДС-“01” (“112”) с обязательной расшифровкой адреса каждого извещателя внутриобъектовой беспроводной радиоканальной системы. В центре ЕДДС-“01” (“112”) должно быть установлено стационарное приемное устройство и сервер с выносным видеотерминалом.

Технические средства радиосвязи организованной радиосети для передачи сигналов извещений о пожарах и ЧС от защищаемого объекта (радиопередатчик — РПД системы мониторинга на объекте) и технические средства, установленные в диспетчерском центре ЕДДС-“01” (“112”) (радиоприемник — РПМ и сервер с выносным видеотерминалом), должны находиться на балансе Центра управления силами (ЦУС), входящего в состав подразделений ГПС МЧС России, или на балансе центра технического мониторинга (ЦТМ).

Ответственность за техническое состояние этого оборудования, его постоянную готовность для передачи тревожных извещений (сигналов) должна лежать на центре ЕДДС.

Вторая часть радиооборудования, включающая внутриобъектовую систему радиомониторинга и входящие в нее компоненты (извещатели, расширители, радиокнопки и приемно-контрольный прибор), находится на балансе объекта (принадлежит объекту), и техническое обслуживание этого оборудования должно обеспечиваться государственной или коммерческой организацией — центром технического мониторинга. Однако собственник объекта должен принять все меры по обеспечению пожарной безопасности объекта в полном объеме в соответствии с требованиями федерального законодательства.

ЦТМ может не только обеспечивать техническое обслуживание внутриобъектовой системы, но и проводить самостоятельно или через стороннюю монтажную организацию монтажные и пусконаладочные работы по наращиванию объемов оборудования внутриобъектовой радиоканальной системы мониторинга на особо важных объектах муници-

пального образования или осуществлять модернизацию существующих систем автоматической пожарной сигнализации на данном объекте.

Внутриобъектовые системы радиоканального мониторинга, установленные на объектах государственной собственности (госучреждения, муниципальные учреждения — школы, пансионаты, детские сады и ясли), могут находиться в собственности администрации муниципальных образований, а техническое обслуживание может осуществляться через ЦТМ.

Таким образом, комплексная система адресного мониторинга раннего обнаружения пожаров и ЧС должна включать две составные части: внутриобъектовую систему и радиоканальную систему передачи сигналов тревоги в диспетчерский центр ЕДДС-“01” (“112”). Однако составные части системы адресного мониторинга принадлежат разным собственникам, а именно: внутриобъектовая система адресного мониторинга принадлежит собственнику защищаемого объекта, а радиосеть для передачи сигналов извещений о пожарах и ЧС от защищаемого объекта (радиопередатчик — РПД) и технические средства, установленные в диспетчерском центре ЕДДС-“01” (“112”) (радиоприемник — РПМ и сервер с выносным видеотерминалом), — центру ЕДДС.

Применение радиосистем для пожарного мониторинга

Еще в начале 2002 года были введены в действие НПБ 88–01, рекомендующие (п. 13.4) применение радиоканальных систем централизованного мониторинга для передачи сигналов о срабатывании пожарной сигнализации в ЦУС пожарной охраны.

В городах России существует большое число промышленных, торговых и жилых объектов, оборудованных автономными средствами оповещения пожарных служб (ОПС), которые малоэффективны с точки зрения своевременного оповещения пожарных подразделений о пожаре. Однако они могут быть подключены к единой системе оповещения о пожаре с помощью недорогого радиопередающего блока. Таким образом, для создания радиоканальной системы пожарного мониторинга, ориентированной на массового потребителя и имеющей приемлемую стоимость, в настоящее время более всего подходят радиосистемы второго типа.

При выборе радиоканальной системы для пожарного мониторинга следует учитывать большое число факторов как технического, так и экономического характера. Определяющим экономическим фактором является стоимость объектового оборудования. К техническим факторам, определяющим выбор радиоканальной системы, относятся: частот-

ный диапазон; дальность надежной связи; наличие средств постоянного контроля рабочего диапазона по обнаружению помех при работе с ним; конфигурация радиосети (количество и расположение ПЦН, радиоретрансляторов); информационная емкость системы; разнообразие модельного ряда абонентского оборудования; средства контроля и диагностики работоспособности системы.

Затраты на приобретение и внедрение радиосистемы могут колебаться в достаточно широких пределах в зависимости от выбранной системы. Ориентировочная стоимость центрального оборудования из расчета на 1000 абонентов находится в диапазоне от 5 до 30 тыс. у. е.

При выборе между импортными и отечественными радиосистемами следует руководствоваться положениями Концепции национальной безопасности Российской Федерации и постановлениями Правительства России о приоритетах по отношению к отечественному производителю.

Эксплуатационные затраты складываются из расходов на постоянное техническое обслуживание системы силами квалифицированных инженерно-технических служб. При этом обслуживание радиосистемы имеет следующие особенности:

- потребность в специалистах в области радиосвязи;
- необходимость в специальном оборудовании для работы по радиоканалам;
- необходимость постоянного контроля чистоты радиоканала от преднамеренных и случайных помех;
- взаимодействие с органами Государственной радиочастотной службы.

Размер эксплуатационных затрат зависит от организации работ и степени их автоматизации в части обслуживания потребителей и контроля работоспособности абонентского оборудования. При этом совмещение пожарного мониторинга с охраным значительно повышает рентабельность эксплуатации подобных систем.

Другая возможная проблема внедрения системы пожарного мониторинга, ориентированной на массового потребителя, связана с массовостью использования данной системы. При большом количестве объектов неизбежно растет количество ложных срабатываний объектовых систем пожарной сигнализации. Даже при хорошем состоянии и качественном обслуживании объектовой системы охранно-пожарной сигнализации возможны ложные срабатывания вследствие объективных причин. Если же учесть, что, как правило, качество обслуживания автономных систем ОПС является достаточно низким и большинство из них находится в практически разукомплектованном состоянии, то

при подключении таких систем к централизованной системе мониторинга проявятся все их слабые стороны, с которыми затем придется сталкиваться службе технического обслуживания. При этом реагирование на ложные пожарные тревоги оперативных служб может превратиться в серьезную проблему.

Радиосистемы данного класса оказались востребованы на рынке современных систем безопасности в силу следующих особенностей: независимости от наличия проводных линий телефонной связи; быстроты развертывания в конкретных условиях организации радиосвязи; относительно низкой стоимости центрального и объектового оборудования.

Примером подобной системы является развернутая в Краснодарском крае по всему побережью г. Сочи (около 150 км) система мониторинга раннего обнаружения пожара и ЧС различного вида, разработанная совместно сотрудниками Академии ГПС МЧС России и специализированным предприятием ЗАО “Аргус-Спектр”. Отличительной особенностью данной системы мониторинга является использование радиоканала для передачи сигнала тревоги от объектовых устройств, к которым подключаются пожарные и охранные извещатели, датчики утечки взрывоопасных газов, датчики утечки горячего водоснабжения и т. п., непосредственно в диспетчерский центр ЕДДС. При возникновении ЧС на объекте, независимо от действий персонала диспетчерской службы объекта, в центр ЕДДС города поступает сигнал (угроза пожара или ЧС) с указанием адреса объекта, карты местности, подъездных путей к объекту и инженерных коммуникаций. Все события отражаются в реальном масштабе времени на мониторе у диспетчера ЕДДС, что обеспечивает своевременное принятие им управленческих решений и, соответственно, позволяет значительно снизить ущерб от пожаров и ЧС.

Радиосистема адресно-аналоговой пожарной сигнализации использует технологии, применяющиеся в системах сотовой связи. Система может быть использована для защиты практически любого объекта, являясь надежной альтернативой традиционным проводным системам сигнализации. Радиоканальная система мониторинга, подобно системам мобильной телефонной связи, состоит из совокупности микросот, каждую из которых контролирует пожарный радиорасширитель. Связь внутри микросот и между ними осуществляется по радиоканалу.

Радиосистема состоит из совокупности охранно-пожарных и пожарных радиорасширителей (до 16 шт.), каждый из которых способен контролировать до трех дочерних радиорасширителей. Максимальное количество участков ретрансляции между

радиорасширителями достигает шести участков. Радиорасширитель, находящийся в “вершине дерева”, является координатором всей радиосети. Каждый расширитель контролирует и управляет 32 радиоизвещателями и 16 охранно-пожарными зонами и исполнительными устройствами. Управление состоянием пожарных зон осуществляется как локально, так и от расширителя-координатора радиосети (проводные и беспроводные пульта управления, радио-брелоки управления) [1].

Требования к алгоритму функционирования системы адресного радиоканального мониторинга безопасности объектов

Система адресного автоматического радиоканального мониторинга раннего обнаружения пожара на объектах с автоматической передачей по радиоканалу сигнала тревоги в центр ЕДДС должна обеспечивать следующий алгоритм функционирования [2].

При срабатывании одного из пожарных извещателей на объекте сигнал по радиоканалу в пределах территории защищаемого объекта поступает на один из радиорасширителей (всего во внутриобъектовой беспроводной радиосистеме адресно-аналоговой пожарной сигнализации может быть включено не менее 10 расширителей, каждый из которых способен контролировать до трех дочерних радиорасширителей). В случае отсутствия дочерних радиорасширителей радиорасширитель-координатор функционирует самостоятельно, выполняя функции приемно-контрольного прибора охранно-пожарной сигнализации.

Таким образом, при поступлении сигнала от пожарного извещателя на приемно-контрольный прибор охранно-пожарной сигнализации вырабатывается специальный сигнал для включения стационарного объектового радиопередатчика, который должен сформировать сигнал для его передачи по радиоканалу в центр ЕДДС-“01” (“112”) с последующим визуальным отображением на дисплее диспетчера конкретного адреса сработавшего пожарного извещателя и отображением поэтажной планировки защищаемого объекта (здания).

Диспетчер центра ЕДДС-“01” (“112”) может немедленно принять решение об оперативном реагировании на принятое сообщение о срабатывании пожарного извещателя, тем более если на данном объекте начались срабатывания рядом расположенных пожарных извещателей. Алгоритм функционирования адресной радиоканальной системы мониторинга пожарной безопасности объектов представлен на рис. 2.

В случае необходимости диспетчер центра ЕДДС может перезвонить дежурному данного объ-



Рис. 2. Алгоритм функционирования адресной радиоканальной системы мониторинга безопасности объектов

екта с целью уточнить положение с конкретным пожаром. При установлении телефонной связи диспетчера центра и дежурного объекта последнему сообщается в диалоговом режиме причина обращения, по которой диспетчер центра принимает решение об оперативном реагировании, т. е. диспетчером центра ЕДДС-«01» («112») готовится приказ на высылку сил и средств на место пожара.

При этом в системе регистрируется сам факт поступления сигнала о срабатывании пожарного извещателя, автоматически включается запись разговора диспетчера центра ЕДДС и дежурного защищаемого объекта.

В системе мониторинга должна быть возможность реализации адресно-аналогового алгоритма обработки сигнала от пожарных извещателей, а также возможность обеспечения автоматического контроля работоспособности пожарных радиоизвещателей с последующей идентификацией неисправных приборов.

Система адресного радиоканального мониторинга безопасности объектов должна функционировать аналогичным образом и при срабатывании датчиков контроля радиации, предельной концентрации различных газов и химических веществ, контроля уровня паводковых вод и т. п.

Таким образом, высылка подразделений пожарной охраны должна осуществляться по извещению о пожаре или ЧС, полученному от объектовой системы пожарной сигнализации или других датчиков по радиоканалу (в диапазонах частот 146–174 и 403–470 МГц) или другим каналам связи (по каналам GSM, выделенным и занятым телефонным линиям связи и оптоволоконным каналам). При этом центр ЕДДС-«01» («112») должен осуществлять круглосуточное дежурство и находиться в постоянной готовности к организации экстренного реагирования на срабатывания датчиков контроля комп-

лексной системы радиоканального мониторинга безопасности объектов, сигнализирующих о пожарах и ЧС различного вида, возникающих на территории муниципального образования.

Поступающие в систему мониторинга безопасности объектов сообщения о ЧС, относящиеся к компетенции экстренных оперативных служб, регистрируются и незамедлительно передаются в дежурно-диспетчерские службы (ДДС) соответствующих экстренных оперативных служб.

Комплексная радиоканальная система адресного мониторинга безопасности объектов должна обеспечивать непрерывный круглосуточный режим работы всех элементов системы. При этом максимальное количество и площадь защищаемых зон (территорий) должны определяться емкостью системы и максимально возможным расстоянием между радиорасширителем и радиоизвещателем и между радиорасширителями, а также требованиями НПБ 88–2001, в соответствии с которыми «...рекомендуется устанавливать радиоизвещатели не более чем за двумя стенами или перекрытиями от радиорасширителя». При наличии сложной геометрии защищаемых помещений, строительных конструкций, а также при воздействии сильных электромагнитных помех возможность надежного функционирования радиоканальной системы необходимо проверять экспериментально (система должна иметь тестовый режим).

Высота установки радиорасширителей должна составлять не менее 2–2,5 м от поверхности пола.

Расстояния от стен до пожарных радиоизвещателей, а также между автоматическими пожарными радиоизвещателями должны определяться в соответствии с требованиями НПБ 88–2001.

Радиорасширители и радиоизвещатели должны, по возможности, располагаться как можно дальше от металлических предметов, коммуникаций,

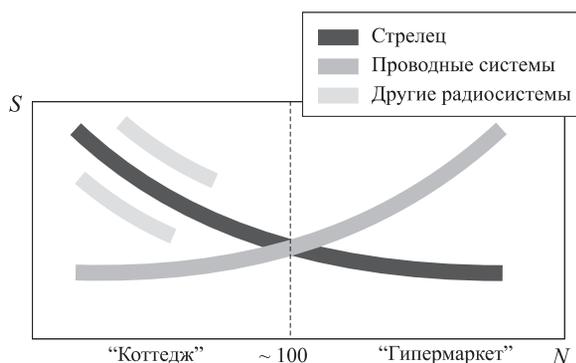


Рис. 3. Анализ стоимости проводных и радиоканальных систем мониторинга (N — число извещателей; S — суммарная стоимость установки ОПС на объекте, включающая стоимость оборудования, материалов, монтажа и потери от вывода объекта из эксплуатации)

компьютерных систем, а также от токоведущих кабелей, проводов, линий локальных вычислительных сетей.

При выборе радиоканальной системы для пожарного мониторинга следует учитывать множество технических и экономических факторов. Определяющим экономическим фактором является стоимость объектового оборудования. Стоимость устанавливаемых “под ключ” систем пожарной сигнализации ниже, чем стоимость традиционных проводных систем при числе извещателей более 100, что иллюстрируется графиком, представленным на рис. 3.

Результаты экспериментальных исследований потоков информации в системе радиоканального мониторинга показывают, что моменты поступления сигналов тревоги о загораниях, промежутки времени между сигналами и длительности приема сигнала о загорании с объекта в центр ЕДДС носят случайный характер. Поэтому исследование функционирования системы радиоканального мониторинга можно проводить с помощью аппарата системы массового обслуживания (СМО). На основе представления радиосети для передачи сигналов тревоги о загораниях с объектов в центр ЕДДС города как СМО была построена математическая модель функционирования такой радиосети [3]. Математическая модель радиоканальной системы адресного мониторинга позволяет прогнозировать ее функционирование в зависимости от нагрузки в радиосети и числа защищаемых объектов.

Обобщенный комплексный критерий оценки

На практике качество радиосистемы пожарного мониторинга определяется влиянием значительно числа показателей. Такую систему стремятся создать одновременно функционально эффективной,

оперативной, надежной и по возможности недорогой. Требования к системе противоречивы, так что в общем случае нельзя найти систему, наилучшую по всем показателям одновременно. Поэтому от совокупности перечисленных выше показателей необходимо перейти к одному обобщенному комплексному критерию (показателю), что позволит из значительного числа вариантов построения систем определить наилучший.

Определение обобщенного комплексного критерия оценки функционирования для той или иной радиосистемы при ее использовании в качестве системы пожарного мониторинга является задачей обоснованного выбора совокупности базовых показателей функционирования системы.

С учетом изложенного предлагается обобщенный комплексный критерий $L_{\text{окк}}$ выбора оптимальной структуры построения системы оперативной связи, который может быть представлен в следующем виде:

$$L_{\text{окк}} = \alpha_1 E + \alpha_2 Q + \alpha_3 \frac{S_1}{S_0} + \alpha_4 \prod_{i=1}^n P_i + \alpha_5 \frac{C_1}{C_0},$$

где $\alpha_1, \dots, \alpha_5$ — весовые коэффициенты характеристик качества системы связи, удовлетворяющие

$$\text{условию; } \sum_{i=1}^5 \alpha_i = 1;$$

E — эффективность функционирования сети связи [4];

Q — оперативность связи [4];

S_1 — показатель оценки площади, на которой обеспечивается уверенная связь;

S_0 — показатель оценки требуемой площади обеспечения уверенной радиосвязи;

P_i — вероятность обеспечения надежности радиосвязи на заданном уровне для i -го участка трассы радионаправления, состоящего из n участков;

C_1 — стоимость радиосистемы, которая способна обслуживать территорию площадью S_1 ;

C_0 — стоимость потенциально возможной радиосистемы, которая способна обслуживать территорию площадью S_0 .

Обобщенный комплексный критерий может принимать значения от 0 до 1, и лучшей структурой построения системы оперативной связи будет являться та, для которой комплексный критерий имеет значение, максимально близкое к единице.

Назначение весовых коэффициентов α_i осуществлялось дифференцированно в соответствии с принятыми основными типами организации радиосетей. При определении весовых коэффициентов использовались несколько методов оценки (ранжирование, оценка в баллах и непосредственная оценка).

С учетом средневзвешенных коэффициентов относительной важности обобщенный комплексный критерий для радиосистемы пожарного мониторинга, работающей в режиме нормального функционирования, определяется следующим образом [2]:

$$L_{\text{окк}}^I = 0,199Q + 0,354E + 0,131 \frac{S_1}{S_0} + 0,248 \prod_{i=1}^i P_i + 0,068 \frac{C_1}{C_0}.$$

Для определения коэффициентов относительной важности с помощью метода ранжирования была составлена таблица показателей качества, входящих в обобщенный комплексный критерий. Затем экспертами было проведено ранжирование этих показателей и определен ранг каждого показателя от 0 до 6. Ранжирование показателей качества считается достоверным при внутренней непротиворечивости экспертных данных, которая выражается коэффициентом конкордации (согласованности) мнений экспертов W , учитывающим степень согласованности их мнений. Коэффициент конкордации определяется следующим выражением:

$$W = \frac{12Z}{m^2(n^3 - n)} = \frac{12 \cdot 927}{10^2(6^3 - 6)} = 0,53 > 0,5.$$

При $W > 0,5$ мнения экспертов считаются согласующимися.

В ранговых методах определения весовых коэффициентов в качестве коэффициентов относительной важности выступают относительные частоты преобразованных рангов, которые могут быть рассчитаны по формуле

$$\alpha_i = \frac{\sum_{j=1}^m R_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{ij}},$$

где R_{ij} — преобразованный ранг показателя качества, который получается приписыванием нуля показателю качества с максимальным рангом, единицы — следующему за максимальным рангом и т. д.

Коэффициенты относительной важности были определены по следующим формулам:

$$\sum_{j=1}^m R_{ij}(Q) = 37; \sum_{j=1}^m R_{ij}(E) = 44; \sum_{j=1}^m R_{ij}(H) = 21;$$

$$\sum_{j=1}^m R_{ij}(P) = 12; \sum_{j=1}^m R_{ij}(S) = 39; \sum_{j=1}^m R_{ij}(C) = 46;$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{ij} = 199; \alpha_Q = 0,19; \alpha_E = 0,22;$$

$$\alpha_H = 0,10; \alpha_P = 0,06; \alpha_S = 0,19; \alpha_C = 0,23.$$

В методе оценки в баллах коэффициенты относительной важности α_i определялись следующим образом:

$$\alpha_i = \frac{\sum_{j=1}^m B_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B_{ij}},$$

где B_{ij} — балл, присвоенный показателю качества i экспертом j в соответствии со шкалой 0–100 (100 для наиболее важного показателя).

По результатам экспертной оценки в баллах, присвоенной экспертами показателям качества функционирования различных систем, рассчитаны коэффициенты относительной важности для различных методов оценки:

$$\alpha_Q = 0,18; \alpha_E = 0,23; \alpha_H = 0,09; \alpha_P = 0,07;$$

$$\alpha_S = 0,20; \alpha_C = 0,24.$$

Степень согласованности различных методов оценки для определения весовых коэффициентов представлена графически на рис. 4.

Назначение весовых коэффициентов α_i осуществлялось дифференцированно в соответствии с принятыми основными типами организации систем мониторинга. Значения средневзвешенных коэффициентов относительной важности при этом будут составлять:

$$\alpha_Q = 0,185; \alpha_E = 0,225; \alpha_H = 0,095;$$

$$\alpha_P = 0,065; \alpha_S = 0,195; \alpha_C = 0,235.$$

С учетом средневзвешенных коэффициентов относительной важности обобщенный комплексный критерий для системы адресного радиоканального пожарного мониторинга определяется как:

$$L_{\text{окк}} = 0,185Q + 0,225E + 0,095H + 0,065 \frac{S_i - S_{i \min}}{S_{i \max} - S_{i \min}} + 0,195 \prod_{i=1}^n P + 0,235 \frac{C_i - C_{i \min}}{C_{i \max} - C_{i \min}}.$$

Разработанный обобщенный комплексный критерий со средневзвешенными коэффициентами относительной важности дает возможность из боль-

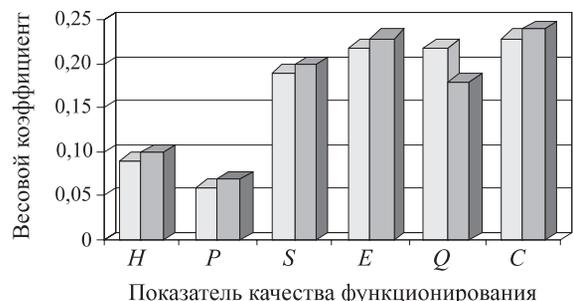


Рис. 4. Степень согласованности различных методов оценки

шого числа предлагаемых систем построения радиоканального мониторинга пожароопасных объектов выбрать оптимальный вариант. Кроме того, имеется возможность выбора более совершенной

системы мониторинга при замене действующей или выбора структуры построения вновь организуемой системы радиоканального мониторинга пожарной безопасности объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О принятии на снабжение в системе МЧС России программно-аппаратного комплекса системы мониторинга (ПАК «Стрелец-Мониторинг»), обработки и передачи данных о параметрах возгорания, угрозах и рисках развития крупных пожаров в сложных зданиях и сооружениях с массовым пребыванием людей, в том числе в высотных зданиях : приказ МЧС России от 28.12.2009 г. № 743. — М. : МЧС России, 2009.
2. **Зыков В. И., Левчук С. А.** Концепция построения комплексной радиоканальной системы адресного мониторинга безопасности объектов. — М. : МЧС России, 2008. — С. 25.
3. **Зыков В. И., Левчук С. А., Иванников А. П.** Математическое моделирование системы приема и обслуживания сообщений о пожарах и ЧС // Вестник Академии ГПС МЧС России. — № 7. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2007. — С. 29–40.
4. **Зыков В. И., Тетерин И. М.** и др. Автоматизированные системы управления и связь : учебник / Под общ. ред. В. И. Зыкова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2006. — С. 665.
5. **Елтаренко Е. А.** Оценка и выбор решений по многим критериям. — М. : МИФИ, 1995. — С. 85.
6. **Экенроде Р. Т.** Взвешенные многомерные критерии. — М. : Статистика, 2002. — С. 156.

*Материал поступил в редакцию 26 апреля 2010 г.
Электронный адрес авторов: an_84_drel@mail.ru.*



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет новую книгу

ОГNETУШИТЕЛИ. УСТРОЙСТВО. ВЫБОР. ПРИМЕНЕНИЕ

Д. А. Корольченко, В. Ю. Громовой



В данном пособии рассматриваются вопросы классификации, выбора и применения огнетушителей, приведены нормативно-технические документы, применяемые при проведении пожарно-профилактических мероприятий на предприятии, в частности СП 9.13130.2009 «Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации».

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

Издание разработано на основе современной нормативно-правовой базы, в том числе с учетом обязательных для исполнения требований «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» (Федеральный закон № 123-ФЗ), а также положений, изложенных в сводах правил и национальных стандартах.

121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 12, стр. 7;
тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: mail@firepress.ru



Д. В. Седов

канд. техн. наук, преподаватель
ФГОУ ВПО «Восточно-Сибирский институт
МВД России», г. Иркутск, Россия

УДК 614.8

УТОЧНЕНИЕ УСЛОВИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ

В настоящее время пожарная безопасность объекта защиты обеспечивается при соблюдении одного из следующих условий: выполнения комплекса обязательных мер с обоснованием допустимого уровня пожарного риска либо выполнения комплекса обязательных и рекомендательных мер (проверка уровня риска не требуется). Доказывается правомерность только первого условия. Второе, по мнению автора, искажает взгляд на понятие пожарного риска и провоцирует некоторых специалистов на разработку изменений действующей методики его расчета в ущерб объективности.

Ключевые слова: Технический регламент о требованиях пожарной безопасности, условия обеспечения пожарной безопасности, совершенствование методики расчета пожарного риска.

“Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности” [1] (ст. 6) установлены два условия обеспечения пожарной безопасности объекта защиты. Первое заключается в выполнении обязательных требований пожарной безопасности и обеспечении допустимого уровня пожарного риска, второе — в выполнении обязательных требований пожарной безопасности и требований добровольного применения.

Как видно, и первое, и второе условия состоят из двух частей. Первая часть является одинаковой для обоих условий (выполнение обязательных требований пожарной безопасности), вторые части различаются (обеспечение допустимого пожарного риска и выполнение требований добровольного применения). Означает ли это, что обеспечение допустимого пожарного риска и выполнение требований добровольного применения являются равнозначными мерами (см. рисунок)? Значит ли это, что выполнение на объекте, помимо обязательных требований, еще и всех требований добровольного применения гарантирует то, что уровень пожарного риска будет являться допустимым?

Анализ условий обеспечения пожарной безопасности, приведенных в ст. 6 [1], наводит на мысль о том, что законодатель придает первостепенное значение выполнению противопожарных требований. Оценке же пожарного риска отводится роль лишь способа обоснования возможности невыполнения тех или иных требований добровольного приме-

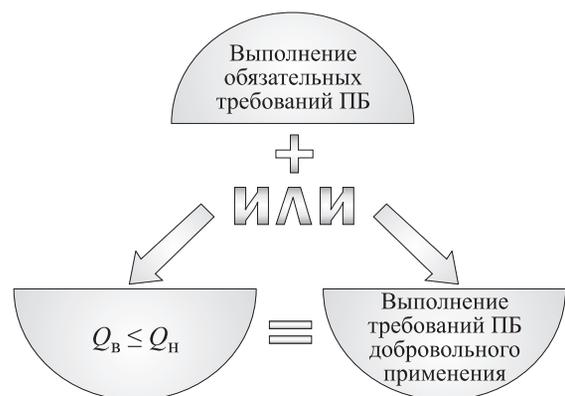


Иллюстрация условий обеспечения пожарной безопасности (ПБ)

ния. Действительно, если пожарная безопасность объекта оказывается обеспеченной даже в случае невыполнения нескольких требований добровольного применения, зачем тогда их выполнять? Вопрос резонный.

Таким образом, целесообразность применения тех или иных требований добровольного применения можно обосновывать с помощью оценки пожарного риска. Сначала на объекте выполняются все обязательные требования, после чего проводится оценка пожарного риска, и если пожарный риск оказывается выше нормативного значения, то на объекте реализуются те требования добровольного применения, которые могут снизить уровень

пожарного риска до приемлемых значений. Вроде бы все логично. Однако в ряде случаев описанный подход дает сбои, которые влекут за собой противоречивые следствия.

Проблема возникает тогда, когда даже при выполнении всех требований добровольного применения расчетная величина пожарного риска получается выше нормативной. Как такое возможно? Если следовать принципу, согласно которому главным является выполнение норм и правил, то корень проблемы заключается в несовершенстве методики оценки риска. Другими словами, для решения проблемы необходимо каким-либо образом скорректировать методику, чтобы по ней, если объект полностью соответствует нормам, пожарный риск не превышал нормативного значения. И разработки таких предложений по совершенствованию методики [2] сегодня уже ведутся. Правильно ли это? Что же за “методика” получится после подобных операций, если она уже не будет инструментом, дающим представление об объективной опасности объекта, а будет зависеть от объема выполненных норм?

Пожарный риск — это мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты [1], и на величину пожарной опасности могут влиять те или иные противопожарные мероприятия. Поэтому выполнение мероприятий может сказываться на уровне пожарного риска. Но влияние норм заключается не в самом факте их выполнения, а в эффективности выполнения задачи по снижению пожарной опасности. По нашему мнению, главным является обеспечение требуемого уровня пожарного риска. Требования же пожарной безопасности — это средства его снижения и не более того. Таким образом, если при выполнении всех требований добровольного применения пожарный риск на объекте превышает нормативное значение (а это происходит из-за высокой статистической вероятности

пожара для подобных объектов, так как безопасная эвакуация в данном случае, как правило, обеспечивается), значит, комплекс требований, имеющих для данного объекта характер добровольного применения, не способен в полной мере обеспечить его пожарную безопасность. Не способен, потому что он не в полной мере учитывает уровень пожарной опасности объекта и нуждается в дополнении, ужесточении и т. д. В первую очередь, этот комплекс должен быть расширен мероприятиями, направленными на предотвращение пожара, т. е. на снижение его вероятности.

Действительно, разработать такие требования пожарной безопасности, чтобы они обеспечивали требуемый уровень пожарного риска, сложно, особенно если этот уровень задан конкретным числом (нормативное значение пожарного риска). К тому же вероятность пожара не является статичной величиной. С течением времени она может увеличиваться, и нормы должны учитывать эту динамику. Как разработчики норм могут это учесть? Возможен ли вообще подобный учет?

Ясно одно: для обеспечения требуемого уровня пожарной безопасности сегодня нельзя в полной мере опираться только на выполнение норм. Необходимо исходить, в первую очередь, из допустимости величины пожарного риска. В этой связи формулировка ст. 6 [1], на наш взгляд, нуждается в некоторой доработке. В ней необходимо подчеркнуть, что пожарная безопасность объекта будет обеспечена только в том случае, если на нем будут выполнены обязательные требования пожарной безопасности и пожарный риск не будет превышать нормативного значения. Требования же добровольного применения служат лишь для снижения уровня пожарного риска, если он превышает нормативный. Оценка пожарного риска должна проводиться обязательно, в любом случае, и заниматься этим должны только аккредитованные организации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ : принят Гос. Думой 4 июля 2008 г. : одобр. Советом Федерации 11 июля 2008 г. — М. : ФГУ ВНИИПО, 2008. — 157 с.
2. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : утв. приказом МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 : зарегистр. в Минюсте РФ 6 августа 2009 г., рег. № 14486 [электронный ресурс]. URL : <http://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 15.03.2010).

*Материал поступил в редакцию 31 марта 2010 г.
Электронный адрес автора: sedov_irk@list.ru.*



О. В. Бараховская
канд. пед. наук, доцент Уральского
института ГПС МЧС России,
г. Екатеринбург, Россия



А. С. Перевалов
слушатель Уральского
института ГПС МЧС России,
г. Екатеринбург, Россия

УДК 614.841

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ ФАКТИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ПОМЕЩЕНИЯ

Рассмотрены математические аспекты расчета фактического времени эвакуации людей из помещения с помощью упрощенной аналитической модели движения людского потока, математической модели индивидуально-поточного движения людей из здания и имитационно-стохастической модели движения людских потоков согласно методике определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности.

Ключевые слова: пожарная безопасность, пожарный риск, время эвакуации.

Одним из условий соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности является соответствие значения пожарного риска установленному ст. 79 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”. Для определения величины пожарного риска была разработана “Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности” (далее — Методика), утвержденная Приказом МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382.

Согласно Методике расчетная величина индивидуального пожарного риска Q_v для каждого здания рассчитывается по формуле

$$Q_v = Q_n (1 - R_{ан}) P_{пр} (1 - P_э) (1 - P_{пз}), \quad (1)$$

где Q_n — частота возникновения пожара в здании в течение года;

$R_{ан}$ — вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения;

$P_{пр}$ — вероятность присутствия людей в здании;

$P_э$ — вероятность эвакуации людей;

$P_{пз}$ — вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

Условием обеспечения безопасности людей при пожаре является вероятность их эвакуации до мо-

мента достижения одним из опасных факторов пожара своего критического значения.

Расчет вероятности эвакуации $P_э$ основывается на определении расчетного времени эвакуации людей t_p .

В Методике предлагаются три способа моделирования движения людей при эвакуации из здания: упрощенная аналитическая модель движения людского потока; математическая модель индивидуально-поточного движения людей из здания; имитационно-стохастическая модель движения людских потоков.

Цель работы — анализ вышеуказанных способов моделирования и выявление особенностей расчета фактического времени эвакуации.

Для этого рассмотрим конкретный пример.

Есть помещение общей площадью 33 м^2 (размерами в плане $5,5 \times 6 \text{ м}$). Площадь, занимаемая оборудованием, составляет $7,2 \text{ м}^2$. Ширина выхода в соседнее помещение $1,8 \text{ м}$. Схема расстановки оборудования и план эвакуации приведены на рис. 1.

Аналитическая модель

По упрощенной аналитической модели движения людского потока определим расчетное время эвакуации t_p из помещений и зданий по времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест нахождения людей.

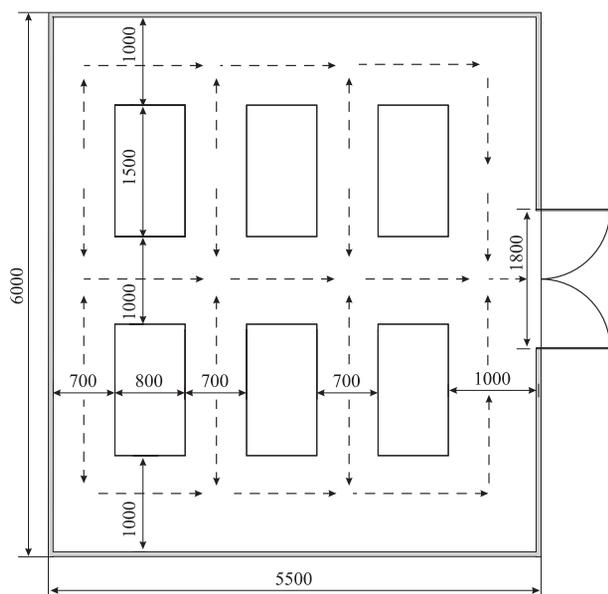


Рис. 1. Схема помещения с планом эвакуации

Для проведения расчета путь эвакуации от наиболее удаленной от выхода точки до выхода из помещения подразделяли на шесть участков, в пределах которых ширину пути и интенсивность движения принимали неизменными. Схема разбиения на участки приведена на рис. 2. Участок 7 — дверной проем шириной 1,8 м, длину пути в котором принимаем равной нулю, в связи с тем что дверной проем находится в стене толщиной менее 0,7 м. В помещении 12 рабочих мест, максимальное количество людей, находящихся в нем, — 12 человек.

Упрощенная аналитическая модель движения людского потока базируется на основных положениях ГОСТ 12.1.004–91* ССБТ “Пожарная безопасность. Общие требования”, которыми руководствовались до вступления в силу Методики.

Данные по расчетному времени эвакуации на участках 1–6 и 1а–4а приведены в табл. 1.

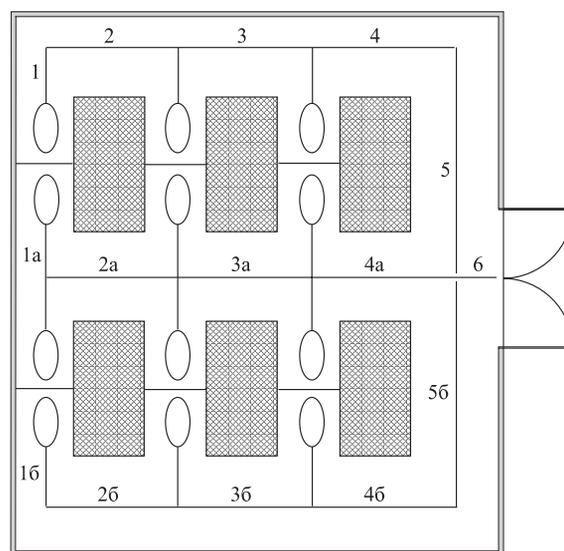


Рис. 2. Схема разбиения на участки для аналитической модели движения людского потока

Расчетное время эвакуации людей t_p определим как сумму времени прохождения людского потока по участкам 1–6:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 = 0,0121 + 0,0189 + 0,0409 + 0,1099 + 0,1405 + 0,1328 = 0,4551 \text{ мин.} \quad (2)$$

Таким образом, время эвакуации людей из помещения составит 27,306 с.

При расчете не учитывалось одновременное движение людских масс, т. е. когда люди, находящиеся на пути эвакуации, при получении сигнала “пожар” начинают движение к выходу, не дожидаясь самого удаленного от эвакуационного выхода человека.

Учет этого фактора при расчете меняет суть самой методики. Поэтому авторам представляется, что упрощенную аналитическую модель движения

Таблица 1. Показатели для расчета фактического времени эвакуации

Номер участка	Длина участка, м	Ширина участка, м	Количество людей на участке	Интенсивность движения на участке, м/мин	Скорость движения по участку, м/мин	Время задержки на участке, мин	Время преодоления участка, мин	Время прохождения участка t , мин
1	0,75	0,7	1	11,6	62	–	0,0121	0,0121
2	1,5	1	1	8,12	79,4	–	0,0189	0,0189
3	1,5	1	2	16,24	36,64	–	0,0409	0,0409
4	1,5	1	3	24,36	15	0,0099	0,1	0,1099
5	2,1	1	4	24,36	15	0,0005	0,14	0,1405
1а	0,75	0,7	1	11,6	62	–	0,0121	0,0121
2а	1,5	1	2	16,24	36,64	–	0,0409	0,0409
3а	1,5	1	4	32,84	15	0,013	0,1	0,113
4а	1,5	1	6	48,72	15	0,0006	0,1	0,1006
6	1	1,8	12	54,13	15	0,0661	0,0667	0,1328

людского потока целесообразно применять только для помещений с небольшим количеством человек. При нахождении в помещении большого количества человек плотность людского потока, а следовательно, и интенсивность движения быстро возрастают, что влечет за собой значительные погрешности в расчете фактического времени эвакуации.

С нашей точки зрения, наибольший интерес представляет применение математической модели индивидуально-поточного движения людей из здания и имитационно-стохастической модели движения людских потоков для расчета фактического времени эвакуации.

Математическая модель

Математическая модель индивидуально-поточного движения людей из здания, приведенная в приложении 3 к Методике, принципиально отличается от аналитической модели. К основным отличиям относится:

1) учет “габаритов” людей: за “габариты” людей условно принимается эллипс с размерами осей 0,5 м (ширина человека в плечах) и 0,25 м (толщина человека);

2) задание координаты нахождения каждого человека: x_i — расстояние от центра эллипса до конца эвакуационного участка, на котором он находится;

3) введение понятия локальной плотности $D_i(t)$ (m^2/m^2), которая определяет скорость каждого из участников движения:

$$D_i(t) = \frac{(n(t) - 1)f}{b \Delta x}, \tag{3}$$

- где n — количество людей в группе, чел.;
- f — средняя площадь горизонтальной проекции человека, m^2/m^2 ;
- b — ширина эвакуационного участка, м;
- Δx — разность координат последнего и первого человека в группе, м.

Координата каждого человека в момент времени t (м) определяется по формуле

$$x_i(t) = x_i(t - \Delta t) - V_i(t) \Delta t, \tag{4}$$

- где $x_i(t - \Delta t)$ — координата i -го человека в предыдущий момент времени, м;
- $V_i(t)$ — скорость i -го человека в момент времени t , м/с;
- Δt — промежуток времени, с.

Если координата конкретного человека приняла отрицательное значение, то считается, что этот человек достиг границы эвакуационного участка и должен перейти на следующий участок.

Одной из существенных характеристик количества человек, переходящих с одного эвакуационного участка на другой в единицу времени, является

пропускная способность выхода с участка $Q_i(t)$ (чел.):

$$Q_i(t) = q_i(t) c_i dt / (60f), \tag{5}$$

где $q_i(t)$ — интенсивность движения на выходе с i -го эвакуационного участка в момент времени t , м/мин;

c_i — ширина выхода с i -го эвакуационного участка, м;

dt — промежуток времени, с.

По оценке величины $Q_i(t)$ делается вывод о количестве человек, переходящих на другой участок, при известных ширине выхода и интенсивности движения.

Если $m \leq Q_i(t)$, то все m человек переходят на следующий эвакуационный участок и их координаты определяются по формуле (4). Если $m > Q_i(t)$, то количество человек, равное значению $Q_i(t)$, переходят на следующий эвакуационный участок и их координаты также определяются по формуле (4), а количество человек, равное значению $(m - Q_i(t))$, не переходят на следующий эвакуационный участок (остаются на данном эвакуационном участке), и их координатам $x_i(t)$ (м) присваиваются значения:

$$x_i(t) = k \cdot 0,25 + 0,25, \tag{6}$$

где k — номер ряда, в котором будут находиться люди (максимально возможное количество человек в одном ряду сбоку друг от друга для каждого эвакуационного участка определяется перед началом расчета).

Фактическое время эвакуации с применением математической модели индивидуально-поточного движения людей рассчитывалось на примере того же помещения.

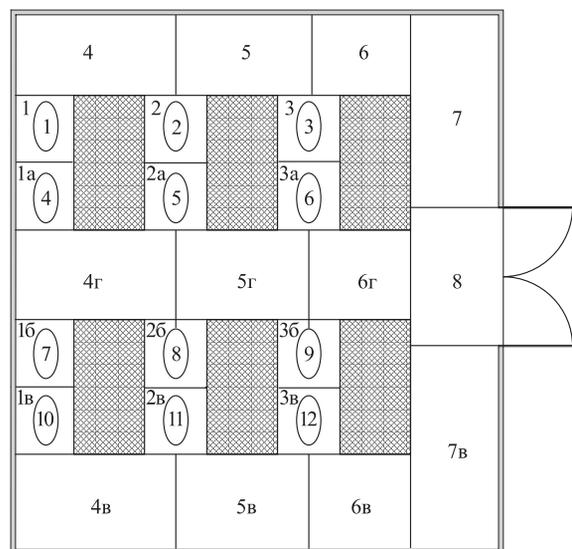


Рис. 3. Схема разбиения на участки для математической модели индивидуально-поточного движения людей из здания

Разобьем всю свободную площадь помещения на участки согласно схеме, приведенной на рис. 3:

- участки 1–3 (1а–3а, 1б–3б, 1в–3в) шириной 0,7 м, длиной 0,75 м;
- участок 4 (4г, 4в) шириной 1 м, длиной 1,85 м;
- участок 5 (5г, 5в) шириной 1 м, длиной 1,5 м;
- участок 6 (6г, 6в) шириной 1 м, длиной 1,15 м;
- участок 7 (7г) шириной 1 м, длиной 2,1 м;
- участок 8 шириной 1,8 м, длиной 1 м.

В начальный момент времени центры всех эллиптических проекций людей находятся на расстоянии 0,4 м от конца эвакуационного участка. Каждому человеку, находящемуся в помещении, присваивается порядковый номер от 1 до 12.

Плотность людского потока D_0 ($\text{м}^2/\text{м}^2$) в начальный момент времени $t = 0$ вычисляется по формуле

$$D_0 = \frac{Nfdt}{lb} = \frac{1 \cdot 0,1}{0,7 \cdot 0,75} \approx 0,19, \quad (7)$$

где N — число людей на эвакуационном участке в момент времени t , чел.;

f — средняя площадь горизонтальной проекции человека, м^2 ;

l — длина 1-го эвакуационного участка, м;

b — ширина 1-го эвакуационного участка, м;

dt — промежуток времени, с.

Промежуток времени выбирается таким образом, чтобы пропускная способность была больше единицы. Результаты вычислений представлены в табл. 2.

Время эвакуации вычисляется по времени выхода из опасной зоны последнего человека.

Как видно из табл. 2, время эвакуации людей из помещения составляет 5 с.

Отметим, что в процессе применения математической модели индивидуально-поточного движения людей возникает ряд практических проблем.

В формуле (7), используемой для определения плотности людского потока, присутствует зависимость D от времени t :

$$D = Nf\Delta t/(lb).$$

Таким образом, получается, что при неизменном количестве человек на заданной площади с ростом временного интервала увеличивается и его плотность.

На наш взгляд, речь, скорее всего, идет о плотности людского потока на участке в зависимости от количества находящихся на нем человек в рассматриваемый момент времени t . Представляется, что в этом случае плотность людского потока целесообразнее будет определять по формуле

$$D = N_i f / (l_i b_i), \quad (8)$$

Таблица 2. Расчет фактического времени эвакуации

Номер человека	Местоположение эллиптической проекции человека x_i , м, в момент времени t , с				
	0	1	2,5	4	5
1	0,4 до конца э. у. 1	Перешел на э. у. 4; 0,867	Перешел на э. у. 6; 1,057	Перешел на э. у. 7; 0,526	Покинул помещение
2	0,4 до конца э. у. 2	Перешел на э. у. 5; 0,867	Перешел на э. у. 7; 0,133	Покинул помещение	
3	0,4 до конца э. у. 3	Перешел на э. у. 6; 0,517	Перешел на э. у. 8; 0,486	Покинул помещение	
4	0,4 до конца э. у. 1а	Перешел на э. у. 4г; 0,867	Перешел на э. у. 5г; 0,407	Перешел на э. у. 8; 0,723	Покинул помещение
5	0,4 до конца э. у. 2а	Перешел на э. у. 5г; 0,867	Перешел на э. у. 6г; 0,183	Покинул помещение	
6	0,4 до конца э. у. 3а	Перешел на э. у. 6г; 0,517	Покинул помещение		
7	0,4 до конца э. у. 1б	Перешел на э. у. 4г; 0,867	Перешел на э. у. 5г; 0,407	Перешел на э. у. 8; 0,723	Покинул помещение
8	0,4 до конца э. у. 2б	Перешел на э. у. 5г; 0,867	Перешел на э. у. 6г; 0,183	Покинул помещение	
9	0,4 до конца э. у. 3б	Перешел на э. у. 6г; 0,517	Покинул помещение		
10	0,4 до конца э. у. 1в	Перешел на э. у. 4в; 0,867	Перешел на э. у. 6в; 1,057	Перешел на э. у. 7; 0,526	Покинул помещение
11	0,4 до конца э. у. 2в	Перешел на э. у. 5в; 0,867	Перешел на э. у. 7; 0,133	Покинул помещение	
12	0,4 до конца э. у. 3в	Перешел на э. у. 6в; 0,517	Перешел на э. у. 8; 0,486	Покинул помещение	

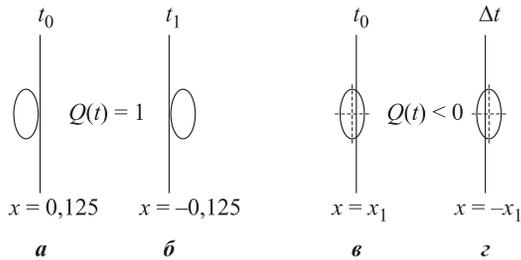


Рис. 4. Схемы физического смысла пропускной способности

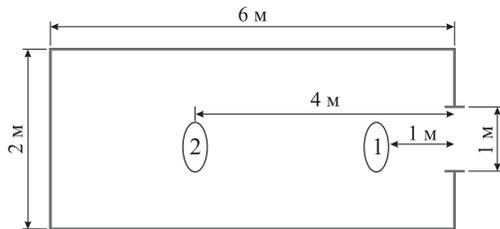


Рис. 5. Схема эвакуационного участка

где N_i — число людей на i -м эвакуационном участке в момент времени t , чел.;

f — средняя площадь горизонтальной проекции человека, m^2 ;

l_i — длина i -го эвакуационного участка, м;

b_i — ширина i -го эвакуационного участка, м.

Пропускная способность проема не в полной мере отражает процесс перехода человека с одного участка на другой.

Физический смысл пропускной способности заключается в том, что она показывает переход всей горизонтальной проекции человека через границу участка за время t_1 (рис. 4, а, б). В математической модели осуществляется расчет перемещения центра человека (4) (как материальной точки) относительно границы участка (рис. 4, в, г). Поэтому за промежуток времени t_i координата центра эллипса может пересечь границу участка, в то время как пропускная способность оказывается менее нуля.

Рассмотрим физический смысл пропускной способности на примере. Предположим, что имеется эвакуационный участок площадью $12 m^2$ с шириной выхода с участка 1 м. Расстояние первого человека до выхода равно 1 м, второго — 4 м (рис. 5).

Шаг времени, с которым будем фиксировать положение людей в помещении, примем равным 1 с. Горизонтальная площадь человека в соответствии с Методикой принята $0,125 m^2$. По формуле (7) плотность людского потока в помещении составляет:

$$D = \frac{Nf\Delta t}{lb} = \frac{2 \cdot 0,125 \cdot 1}{6 \cdot 2} \approx 0,02 m^2/m^2.$$

При таком значении плотности людского потока скорость составит 100 м/мин.

Таблица 3. Расчет фактического времени эвакуации людей из помещения

Время, с	Координата человека в помещении, м		Количество эвакуирующихся m , чел.
	первого	второго	
0	4	1	0
1	2,33	-0,67 (покинул помещение)	1
2	0,66	-	1
3	-1,01 (покинул помещение)	-	2

Динамика эвакуации из помещения представлена в табл. 3.

Данные табл. 3 показывают, что люди должны покинуть помещение через 3 с.

В соответствии с математической моделью определим, какое количество человек может пройти через дверной проем за этот промежуток времени. Для этого сначала вычислим интенсивность движения

$$q = DV = 0,02 \cdot 100 = 2 \text{ м/мин} \quad (9)$$

и определим пропускную способность дверного проема по формуле (5):

$$Q_i(t) = \frac{q_i(t)c_i dt}{60f} = \frac{21,0 \cdot 1}{60 \cdot 0,125} = 0,267 \text{ чел.}$$

Поскольку $m > Q_i(t)$, в соответствии с Методикой перед дверным проемом образуется скопление из 1 чел., что представляется авторам весьма странным.

Таким образом, если ширина проема больше, чем сумма больших осей эллиптических проекций эвакуирующихся, то, с нашей точки зрения, необходимым и достаточным условием перехода людей на следующий эвакуационный участок является отрицательное значение их координат.

Очевидно, что математическую модель индивидуально-поточного движения людей из здания целесообразно применять для помещений, где координата нахождения каждого человека в начальный момент времени эвакуации заранее известна: зрительные залы, офисные помещения и т. п.

Имитационно-стохастическая модель

Схема разбиения всей свободной площади помещения на участки аналогична схеме разбиения при использовании математической модели индивидуально-поточного движения людей из здания (см. рис. 3).

Имитационно-стохастическая модель движения людских потоков, приведенная в приложении 4 к Методике, принципиально отличается от двух предыдущих. К основным отличиям относятся:

1) введение понятия людского потока как множества людей, одновременно идущих в одном направлении по общим участкам пути;

2) статистический подход к расчету скорости движения людского потока при плотности D_i на i -м отрезке участка пути k -го вида. Скорость движения считается случайной величиной $V_{D,k}$ со следующими числовыми характеристиками:

а) математическое ожидание (среднее значение):
при $D_i > D_{0,k}$

$$V_{D,k} = V_{0,k} [1 - a_k \ln(D_i/D_{0,k})] m; \quad (10)$$

при $D_i \leq D_{0,k}$

$$V_{D,k} = V_{0,k}; \quad (11)$$

б) среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma(V_{D,k}) = \sigma(V_{0,k}) [1 - a_k \ln(D_i/D_{0,k})], \quad (12)$$

где $V_{0,k}$ и $\sigma(V_{0,k})$ — математическое ожидание скорости свободного движения людей в потоке (при $D_i \leq D_{0,k}$) и ее среднее квадратическое отклонение, м/мин;

$D_{0,k}$ — предельная плотность людского потока, до достижения которой возможно свободное движение людей по k -му виду пути (плотность не влияет на скорость движения людей);

a_k — коэффициент, учитывающий адаптацию людей к изменениям плотности потока при движении по k -му виду пути;

D_i — плотность людского потока на i -м отрезке (Δl) участка пути шириной b_i , чел./м²;

m — коэффициент, учитывающий влияние площади проема на плотность людского потока.

Определим плотность людского потока в начальный момент времени $t = 0$:

$$D_1^{t_0} = \frac{N_1^{t_0}}{\Delta l_1 b_1} = \frac{1}{0,7 \cdot 0,75} \approx 1,905 \text{ чел./м}^2, \quad (13)$$

где $N_1^{t_0}$ — количество человек на 1-м участке в начальный момент времени;

Δl_1 — длина 1-го участка, м;

b_1 — ширина 1-го участка, м.

Промежуток времени выбирается таким, чтобы количество человек, переходящих за интервал времени Δt с участка i на следующий участок $(i + 1)$, было больше единицы.

Результаты вычислений сведем в табл. 4.

Как видно из табл. 4, время эвакуации людей из помещения составляет 6 с.

В процессе расчета фактического времени эвакуации по имитационно-стохастической модели движения людских потоков возникает ряд вопросов:

1. Где в процессе расчетов учитывается значение среднего квадратического отклонения?

Таблица 4. Расчет фактического времени эвакуации с использованием имитационно-стохастической модели движения людских потоков

Номер участка	Количество человек на участке в промежуток времени, с						
	0	1	2	3	4	5	6
1	1						
2	1						
3	1						
4		1					
5		1	1				
6		1	1	1			
7			1	1	1		
8			2	4	4	2	
1а	1						
2а	1						
3а	1						
1б	1						
2б	1						
3б	1						
1в	1						
2в	1						
3в	1						
4в		1					
5в		1	1				
6в		1	1	1			
7в			1	1	1		
4г		2					
5г		2	2				
6г		2	2	2			

2. По какой формуле вычислять значение пропускной способности q_i : по формуле, приведенной в примечании к табл. П4.1 ($q = 10 \cdot (3,75 + 2,5\delta)$), или по формуле, приведенной в упрощенной аналитической модели, в примечании к табл. П2.1 ($q = 2,5 + 3,75\delta$)?

Возникла также проблема при расчете количества человек N_i , переходящих за интервал времени Δt с участка i на следующий участок $(i + 1)$:

$$N_{i,i+1}^t = D_i^{t_0} b_i \Delta l V_{\text{пер}} \Delta t, \quad (14)$$

где $D_i^{t_0}$ — плотность людского потока на i -м эвакуационном участке в момент времени t_0 , чел./м²;

b_i — ширина выхода с i -го эвакуационного участка, м;

Δl — длина i -го эвакуационного участка, м;

$V_{\text{пер}}$ — скорость перехода через границы смежных элементарных участков, м/с;

Δt — промежуток времени, с.

Если подставить в нее все данные, то получится размерность [чел. · м], что представляется весьма странным. Скорее всего, в данной формуле имеется лишний множитель, а именно Δl , так как длина участка не может влиять на количество переходя-

щих людей. В этом случае расчет количества человек, переходящих за интервал времени Δt , целесообразнее будет определять по формуле

$$N_{i,i+1}^t = D_i^{t_0} b_i V_{\text{пер}} \Delta t. \quad (15)$$

Главным вопросом является следующий: возможно ли применение модели для объектов с массовым пребыванием людей.

Несомненно, что следует учитывать специфические особенности объемно-планировочных ре-

шений, в том числе путей эвакуации, и специфику контингента людей в помещении (здании).

Вывод

Предложенные решения вопросов, возникших в результате анализа способов моделирования фактического времени эвакуации, а также решение оставшихся позволят создать адекватное программное сопровождение для расчета фактического времени эвакуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : Приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 : зарегистр. в Минюсте РФ 6 августа 2009 г., рег. № 14486 [электронный ресурс]. URL : <http://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 15.03.2010).
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ: принят Гос. Думой 4 июля 2008 г. : одобр. Советом Федерации 11 июля 2008 г. — М. : ФГУ ВНИИПО, 2008. — 157 с.
3. **ГОСТ 12.1.004–91***. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. — Введ. 1992–07–01. — М. : ИПК Издательство стандартов, 2002.
4. **Корольченко А. Я., Косачев А. А.** К вопросу о расчете пожарного риска // Пожаровзрывобезопасность. — 2009. — Т. 18, № 6. — С. 53–56.

*Материал поступил в редакцию 20 апреля 2010 г.
Электронный адрес авторов: pas_ural@mail.ru.*



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет новую 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, ул. Давыдовская, д. 12, стр. 7;
тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: mail@firepress.ru



В. С. Ватагин

канд. хим. наук, старший научный сотрудник,
профессор Ивановского института ГПС МЧС
России, г. Иваново, Россия

УДК 677.027

СИСТЕМНОЕ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЕ И ОХРАННО-ПОЖАРНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ В КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЧС И ТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ АКТОВ

Рассмотрены различные аспекты системного видеонаблюдения и охранно-пожарной сигнализации в комплексной системе безопасности объектов в целях предотвращения ЧС и террористических актов. Приведены основные технические и интеллектуальные требования к современным системам безопасности на опасных производствах, которые позволят предотвратить чрезвычайные ситуации и террористические акты.

Ключевые слова: системное интеллектуальное видеонаблюдение, охранно-пожарная сигнализация, комплексная безопасность, предупреждение чрезвычайных ситуаций, террористических актов.

В настоящее время все более актуальной становится задача предотвращения техногенных аварий, взрывов, пожаров и других чрезвычайных ситуаций (ЧС) на предприятиях с повышенной степенью риска: химических, нефтеперерабатывающих, текстильных и т. п. [1–7]. Особенно сильно обострилась ситуация в последнее время, когда участились террористические акты в местах массового скопления людей, в частности в подземном и наземном транспорте, где многочисленными жертвами становятся ни в чем не повинные люди.

В основе функционирования системы комплексной системы безопасности (КСБ) объектов с повышенной степенью риска (это определение относится практически к любому предприятию или зданию, где находятся люди или опасные вещества) лежит управление, от качества которого во многом зависит эффективность использования сил и средств МЧС России.

Для выполнения федеральных программ по совершенствованию качества жизни, мониторингу и предотвращению экологических катастроф и техногенных аварий (пожаров, взрывов, террористических актов и других чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера) необходимо применение передовых и принципиально новых информационных технологий. К ним относятся в

первую очередь компьютерные подсистемы видеонаблюдения в интеграции с охранно-пожарными подсистемами (ОПС), подсистемами контроля и управления доступом (СКУД) со считывателями проксимити-карт и архивируемыми базами данных, детекторы движения и различные сенсоры и датчики (давления, газоанализаторы) и т. д.

В настоящее время современные цифровые системы видеоконтроля как по техническим, так и по ценовым характеристикам агрессивно вытесняют даже профессиональное аналоговое оборудование видеоконтроля. С другой стороны, современные комплексы охраны объектов, особенно крупных, превращаются в интегрированные интеллектуальные распределенные сетевые системы, где устаревшему аналоговому оборудованию видеоконтроля все труднее найти свое место.

По качеству видеоизображения, по реально достигаемому разрешению канала записи/воспроизведения, по удобству формирования и дальнейшего оперативного использования видеоархива в режиме триплекса (одновременно видеоизображения, записи и просмотра видеоархива), по наличию встроенных многоканальных детекторов движения (активности), а также по возможности использования давно апробированных сетевых и телекоммуникационных решений на базе современной компью-

© Ватагин В. С., 2010

терной техники цифровые системы видеоконтроля однозначно превосходят аналоговое оборудование, оставляя его на обочине современных технических решений обеспечения безопасности охраняемых объектов.

Кроме того, современное цифровое оборудование видеоконтроля все больше приближается по своим характеристикам к современным интеллектуальным компьютерным системам, что позволяет выстроить очень гибкую политику обеспечения безопасности объектов, приближенную по своим функциям к механизмам принятия решений, близким к человеческой логике. И именно поэтому некоторые из современных цифровых систем видеоконтроля по праву можно назвать интеллектуальными.

Как и любая другая компьютерная система безопасности, современная цифровая система видеоконтроля, кроме выполнения своих прямых функций, должна обеспечивать необходимый уровень собственной безопасности. Как правило, в обычных системах видеоконтроля дело ограничивается простым вводом идентификатора оператора (администратора) и пароля.

Профессиональные системы, помимо всего прочего, предоставляют более гибкие многоуровневые механизмы защиты — от сокрытия доступного оборудования и ограничения прав на администрирование основных элементов системы до запрета на выгрузку как самой системы, так и ее интерфейсов. Кроме того, некоторые профессиональные цифровые системы видеоконтроля, используя сетевые свойства и свойства администрирования операционных систем, на базе которых они выполнены, позволяют осуществлять очень гибкую политику собственной безопасности, интегрированную в общую политику безопасности охраняемого объекта (различные мониторы безопасности, использование дополнительных средств шифрования, единых средств администрирования и т. д.). К сожалению, все вышесказанное нельзя отнести к некоторым блочным цифровым системам, поставляемым в заранее сконфигурированном виде, не допускающем вмешательства на уровне их общесистемного программного обеспечения.

Современные цифровые средства видеоконтроля принято разделять на интегрированные и неинтегрированные. Интегрированные цифровые (компьютерные) системы видеоконтроля могут эффективно взаимодействовать со всеми подсистемами общей системы безопасности объекта: подсистемой контроля и управления доступом, подсистемой аудиоконтроля (АК), подсистемой охранно-пожарной сигнализации и другими инженерно-техническими средствами обеспечения безопасности и жизнедеятельности охраняемого объекта.

Неинтегрированные системы, напротив, являются автономными системами, в лучшем случае имеющими несколько простых тревожных входов — выходов, подобно обычной аналоговой технике видеоконтроля.

Требования к компьютерной технике, линиям связи

Основные характеристики системы следующие. Система должна включать в себя Windows-подобный интерфейс, множество настроек. Часть кнопок управления функциями системы активируется только после дополнительной оплаты. Система имеет общий пульт управления, план (планы) объекта и панели видеоокон. Каждая видеокамера представляет собой отдельное окно со своими размерами, панелями управления и информационными строками и настройками. Все они, а также пульта и планы могут располагаться произвольно на экране, “прилипать” друг к другу, а также скользить по краям и находиться в скрытом виде. Для ведения протоколов в системе используется тип базы данных ADO. Система позволяет записывать синхронный с видеозаписью звук по двум немультимплексируемым каналам.

Технические характеристики, важные для работы цифровых систем видеоконтроля

При анализе технических характеристик современных цифровых (компьютерных) систем видеоконтроля следует различать характеристики собственно системы видеоконтроля от обычных характеристик современной компьютерной техники, на базе которой такие системы собраны. Например, тип (EIDE, SCSI) и емкость (10–80 Гбайт) жесткого диска имеет смысл анализировать только в блочных системах, выпускаемых с ограниченной номенклатурой жестких дисков. Аналогично следует относиться к разрешению видеомонитора, обычным коммуникационным и сетевым интерфейсам (RS-232, Ethernet IEEE 802.3 и т. д.) и прочим компьютерным комплектующим и компьютерной периферии (CD-ROM, ZIP, DAT-накопители, тип процессора, объем оперативной памяти и т. п.). Как правило, все эти характеристики имеют смысл сравнивать только для систем, поставляемых в жестко заданных конфигурациях. Большинство же цифровых систем видеоконтроля выпускаются как в блочном, так и в так называемом OEM-исполнении, т. е. допускают использование практически любых компьютерных комплектующих и PC-платформ, наиболее подходящих для каждой конкретной цифровой системы видеоконтроля, востребованной заказчиком.

Сетевые и телекоммуникационные свойства

Практически все современные цифровые системы видеоконтроля, как правило, позволяют осуществлять удаленный видеомониторинг и (или) удаленное администрирование системы. Для этого обычно используются или специальные сетевые клиенты, или самые обычные браузеры типа Microsoft Internet Explorer, Netscape, Opera и т. п. Практически все системы работают в сети по протоколу TCP/IP. Некоторые имеют встроенные средства автодозвона и работы по обычным телекоммуникационным линиям.

Преимуществом профессиональных сетевых систем является отсутствие каких-либо количественных ограничений на общее количество видеоканалов обработки, а также общее количество охранного оборудования, включенного в единую сеть.

Следующей важной характеристикой цифровых (компьютерных) систем видеоконтроля является возможность работы в LAN/WAN компьютерных сетях, т. е. ее сетевые свойства. При этом следует различать возможность организации удаленного видеонаблюдения с помощью специальных сетевых клиентов и (или) сети Интернет и обычных Интернет-браузеров (например, Microsoft Internet Explorer, Netscape, Opera и т. п.) от многосерверных сетевых конструкций с возможностью удаленного перекрестного видеонаблюдения и видеорегистрации, а также удаленного администрирования всей системы. Как правило, большинство систем свойствами перекрестного видеонаблюдения и видеозаписи не обладают, и лишь некоторые позволяют осуществлять удаленное администрирование всего сетевого комплекса в целом. Особняком стоят системы, не имеющие полнофункциональных сетевых свойств. Такие системы или находятся в начальной стадии своего развития, или являются намеренно несетевыми, узкоспециализированными, предназначенными для решения каких-нибудь отдельных задач видеонаблюдения или видеорегистрации.

Интерфейс управления/ администрирования системы

Это очень важная характеристика, определяющая “лицо” системы и удобство ее управления/администрирования. К сожалению, большинство цифровых систем видеоконтроля обладают Windows-подобным интерфейсом, который, при всем его преимуществе в офисных приложениях, для профессиональных систем видеоконтроля является очень серьезным недостатком, так как неэффективно использует доступную для отображения площадь экрана монитора, позволяет произвольно закрывать, в том числе случайно, окна управления

и отображения, имеет очень много повторяющихся панелей управления одними и теми же функциями и т. п.

Профессиональные цифровые системы видеоконтроля должны иметь максимально простой, рациональный интерфейс, с количеством настроек и органов управления, минимально необходимых и достаточных для их эффективного использования.

Допустимые форматы видеокадров, которые используются при видеообработке и видеозаписи

Существует множество форматов, используемых современными цифровыми (компьютерными) системами видеоконтроля. Профессиональные цифровые системы, как правило, работают со всеми максимально допустимыми для цифровой обработки видеоформатами: 768×576 , 720×576 и 768×288 .

Поскольку в системах видеоконтроля, как правило, используются черно-белые видеокамеры высокого и стандартного разрешения, для профессиональных цифровых (компьютерных) систем видеоконтроля очень важны именно форматы 768×288 и 768×576 (или аналогичные им по количеству пикселей по горизонтали/вертикали), поскольку только они позволяют получать максимально информативные для последующей цифровой обработки видеокадры, с минимальной потерей исходного разрешения входного видеосигнала.

Разрешение канала видеообработки/ видеозаписи, измеряемое в телевизионных линиях (ТВЛ)

Принято считать, что профессиональные системы должны обеспечивать разрешение канала видеообработки по горизонтали 500–600 ТВЛ для черно-белого изображения и 350–400 ТВЛ — для цветного. В профессиональных системах даже хорошо сжатое изображение должно обеспечивать достаточно высокое разрешение (150–250 ТВЛ), приемлемое по качеству при минимальном объеме отдельного видеокадра (от 1–2 до 5–10 кбайт). На практике разрешение канала обработки/записи и по горизонтали, и по вертикали удобно проверять с помощью специальных измерительных таблиц, например EIA1956.

Метод и степень компрессии (сжатия) видеосигнала

Как правило, в цифровых (компьютерных) системах видеоконтроля используются следующие методы компрессии (сжатия) видеоизображений: WAVELET-подобные (WL, DELTA-WL и т. д.), JPEG- и M-JPEG/MPEG-подобные (MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 и т. д.).

В последнее время в некоторых профессиональных цифровых системах видеоконтроля наметилась тенденция перехода на аппаратную поддержку компрессии WAVELET, что дает таким системам неоспоримые преимущества в повышении общего быстродействия и качества системы в целом в сочетании со снижением требований к компьютерной платформе, в отличие от уже сравнительно давно используемой дорогой и не очень подходящей для систем видеоконтроля аппаратной компрессии MPEG.

Скорость обработки/записи немультимплексированных изображений

Современные цифровые системы видеоконтроля обрабатывают немультимплексированные изображения, как правило, со скоростью до 25 FPS. Здесь и далее характеристики скорости обработки приведены для стандарта PAL, наиболее широко распространенного на отечественном рынке видеокамер. Скорость обработки 25 FPS соответствует качеству “живого видео” (live-video).

Следует также понимать существенную разницу между скоростью обработки и скоростью записи, которые могут очень сильно отличаться друг от друга. На скорость записи очень сильно влияет используемый алгоритм компрессии и способ ее реализации (программный или аппаратный).

Скорость обработки/записи мультимплексированных изображений

Скорость обработки/записи мультимплексированных изображений — это еще более сложный для понимания параметр, вокруг которого еще больше некорректностей и манипулирования цифрами при указании конкретных технических характеристик цифровых систем видеоконтроля.

Емкость видеоархива — еще одна из характеристик, вокруг которой всегда идут баталии взаимного непонимания, споров и показатели которой несопоставимы для разных систем. В технических характеристиках цифровых систем видеоконтроля можно встретить указание емкости видеоархива как в часах (днях, сутках), так и в количестве записываемых кадров.

Наличие дополнительных средств архивирования видеоинформации

Как правило, все цифровые системы видеоконтроля имеют только оперативный видеоархив на системном жестком диске (иногда — в дополнительном специализированном системном блоке), организованный по принципу безостановочной кольцевой видеозаписи. Это приводит к тому, что при полном заполнении жесткого диска самые ранние записи стираются.

Наличие многоканального детектора движения (активности)

Большинство современных цифровых (компьютерных) систем видеоконтроля обязательно имеют многоканальные детекторы активности. Профессиональные цифровые системы видеоконтроля обязательно должны использовать многоканальные детекторы движения.

Наличие и количество тревожных входов/выходов (цифровых входов/выходов управления)

Для организации интеграции с внешним охраняемым оборудованием современные цифровые системы видеоконтроля, как правило, оснащаются специальными тревожными входами типа “сухой контакт” и специальными, как правило, релейными (или цифровыми) выходами управления. Обычно можно встретить системы с количеством тревожных входов от 8 до 64 и релейных выходов от 8 до 32. Профессиональные системы видеоконтроля, как правило, должны обеспечивать гибкую логику обработки событий с тревожных входов и выдачи соответствующих управляющих сигналов на выходы управления.

Возможность управления поворотными устройствами и объективами видеокамер (телеметрического управления)

Управление поворотными устройствами и объективами видеокамер для некоторых объектов является одним из обязательных требований к системе видеоконтроля. Именно поэтому большинство современных систем оснащаются средствами управления поворотными устройствами и объективами видеокамер, а для профессиональных систем видеоконтроля это требование является практически обязательным.

Возможность ведения объектно-ориентированных карт-схем охраняемых объектов

Речь идет о возможности отображения на картах-схемах (как правило, многоуровневых иерархических) охранного оборудования, в том числе оборудования видеоконтроля, и режимов его работы (тревога, режим записи, режим охраны, обрыв и т. п.).

Возможность многоканальной синхронной аудиозаписи (аудиоконтроля)

Как известно, синхронная с видео аудиозапись (аудиоконтроль) может существенно дополнить видеоконтроль анализом звуковой обстановки на охраняемом объекте. Обычно это способствует принятию решения о наступлении тревожного события или дает дополнительный канал информации, по-

зволяющий, например, отсеять ложное срабатывание системы видеоконтроля. Как правило, современные цифровые системы видеоконтроля имеют от 1–2 до 16 и более синхронных с видео аудиоканалов. Профессиональные системы, кроме обычной синхронной записи при срабатывании детектора движения, должны обеспечивать еще аудиозапись по акустопуску, а также комбинированный режим работы и возможность задания гибкой (интеллектуальной) логики обработки тревожных событий, связанных с синхронной записью звука и детектированием движения в системах видеоконтроля.

Наличие и общее количество аналоговых видеовыходов на один блок (одну плату)

Скорее, по традиции лучшего восприятия изображения на аналоговых мониторах современные цифровые системы видеоконтроля имеют аналоговые выходы, к которым можно подключить обычные аналоговые видеомониторы (для организации дополнительного видеонаблюдения) или видеоманитофоны (для организации дополнительной видеозаписи). На эти выходы, соответственно, можно выводить сквозные видеоканалы, тревожную (тревожные) видеокамеру (видеокамеры), а также просто наблюдать за заранее выбранным видеоканалом.

Тип используемой операционной системы для видеосервера/клиента

Это очень важная характеристика, так как во многом определяет сетевые свойства, стабильность и надежность всей цифровой системы видеоконтроля, а также возможности ее интеграции в общую информационную систему и компьютерную сеть охраняемого объекта.

Наличие специальных средств программирования логики работы системы

Как правило, все системы видеоконтроля позволяют задавать определенную логику обработки тревожных событий (по расписанию, по характеру тревожных событий). Обычно все сводится к определению реакций на срабатывание детектора движения (активности), к обработке состояний тревожных входов и выдаче соответствующих управляющих сигналов.

Для интегрированных систем такое программирование позволяет обрабатывать все события во всех подсистемах (СКД, ОПС, АК и т. д.) и вырабаты-

вать для них все допустимые реакции управления. Такие системы принято считать интеллектуальными, так как они позволяют реализовать достаточно сложные алгоритмы реакций и управления, подобные человеческой логике принятия решений.

Уровень поддержки системы на рынке (для клиентов)

Это несколько непривычная, однако чрезвычайно важная характеристика цифровых систем видеоконтроля, которые являются сравнительно новыми на рынке и, безусловно, высокотехнологичными техническими средствами, выполненными на базе современного компьютерного, сетевого и телекоммуникационного оборудования. В связи с этим к уровню поддержки предъявляются несколько специфические требования. Уровень поддержки в полном объеме должен включать: консультации по применению, возможность обучения персонала, горячую линию технических консультаций по телефону, а также поддержку через сеть Интернет от производителя и (или) авторизованного дилера.

Требования к уровню подготовки пользователей

Уровень подготовки непосредственных пользователей, как принято в США и на Западе, должен быть обратно пропорционален уровню интеллектуальности самой системы цифрового видеонаблюдения, интегрированной в комплексную систему безопасности. Чем проще, чем лучше! Непременна должна быть предусмотрена “защита от дураков” или намеренного вредительства со стороны человека. Это тесно связано с вопросами надежности. Вся тяжесть обслуживания ложится на специалистов технической поддержки, с которыми постоянно поддерживается связь on-line.

Таким образом, необходима четкая и надежная стратегия сервисного обслуживания, подкрепленная разумной ценовой политикой.

На химических производствах с агрессивной окружающей средой и повышенной потенциальной опасностью техногенных аварий (пожаров, взрывов) многократно возрастают аппаратные требования к пожаростойкости и взрывозащищенности всех приборостроений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Невский А. В., Мешалкин В. П., Шарнин В. А.** Анализ и синтез водных ресурсосберегающих химико-технологических систем. — М. : Наука, 2004. — 212 с.
2. **Vatagin V. S., Topolski N. G.** Computer Aided Fire Safety Systems in Chemical Industries // Mary Kay O'Connor Process Safety Center Symposium : Proceeding. October 24–25, 2000. Reed Arena, Texas A&M. University, College Station, Texas. — P. 348–349.

3. **Ватагин В. С., Топольский Н. Г.** Hi-Tech House — интеллектуальное здание // Системы безопасности. — 2003. — № 6(48). — С. 16–19.
4. **Ватагин В. С.** Интеллектуальные системы безопасности промышленных объектов // Системы безопасности. — 2003. — № 8(50). — С. 21–25.
5. **Ватагин В. С., Топольский Н. Г.** Интегрированные системы пожаровзрывобезопасности для химической промышленности // Химическая техника. — 2003. — № 3. — С. 18–22.
6. **Ватагин В. С.** Новые технологии автоматизированных систем управления техногенной безопасностью производства // Безопасность труда в промышленности. — 2007. — № 3. — С. 64–67.
7. **Ватагин В. С.** Системный анализ в управлении безопасностью техногенных объектов и предотвращением чрезвычайных ситуаций : монография. — Москва–Иваново, Изд-во ИВИ ГПС МЧС России, 2007. — 240 с.

Материал поступил в редакцию 7 апреля 2010 г.

Электронный адрес автора: Vatagin@mail.ru.

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



ЗАО “ПО “Спецавтоматика”

659316, г. Бийск, Алтайский край, ул. Лесная, 10
 тел: (3854) 44-90-47, 44-91-14, факс: 44-90-70
 e-mail: info@sauto.biysk.ru; http://www.sauto.biysk.ru



ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
СПЕЦАВТОМАТИКА
 ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
 РОССИЯ > АЛТАЙ > БИЙСК

УДК 614.842.435:654.924.5

ВРЕМЯ РАБОТЫ НА РЫНКЕ — НАДЕЖНЫЙ КРИТЕРИЙ КАЧЕСТВА

Рассматривается взрывозащищенное оборудование, выпускаемое предприятием ЗАО “ПО “Спецавтоматика”. Приводятся отличительные особенности данного оборудования и область его применения.

Ключевые слова: устройство взрывозащищенное УПКОП, оповещатель взрывозащищенный, узел управления взрывозащищенный.

Компания ЗАО “ПО “Спецавтоматика” (г. Бийск) работает на российском рынке систем безопасности с 1972 г. Одним из направлений деятельности является производство и продажа оборудования для систем охранно-пожарной сигнализации различных объектов. Более 10 лет назад на предприятии освоено и налажено производство взрывобезопасной продукции.

Компания выпускает приемно-контрольные приборы ОПС, световые и звуковые оповещатели, сигнализаторы, узлы управления с комбинированным приводом. Вся поставляемая на рынок продукция имеет сертификаты пожарной безопасности, сертификаты соответствия и разрешение на применение, отличается удачным сочетанием цена – качество и пользуется успехом у потребителей.

Начало направлению разработки и производства взрывобезопасного оборудования было положено в 1998 г., когда был освоено производство приемно-контрольного охранно-пожарного взрывозащищенного с видом взрывозащиты “Искробезопасная электрическая цепь” УПКОП 135-1-1. Устройство предназначено для контроля одного искробезопасного шлейфа пожарной (и/или) охранной сигнализации и выдачи извещений на вход приемно-контрольного прибора. Блок интерфейсный взрывозащищенный БИВ, входящий в состав устройства УПКОП 135-1-1, имеет маркировку взрывозащиты Exia IIC и устанавливается вне взрывоопасной зоны.

Устройство уверенно завоевало рынок и сразу нашло своего потребителя. Каждый год на него отмечается устойчивый рост спроса. Для поддержания конкурентоспособности изделия своевременно проводится его модернизация: на сегодняшний день выпущена уже пятая версия устройства с новыми

свойствами и более высокого качества; теперь оно может работать с контактными и бесконтактными нетокопотребляющими и токопотребляющими извещателями, имеющими нормально замкнутые и нормально разомкнутые контакты.

В рамках расширения линейки аналогичных изделий было запущено в серию устройство приемно-контрольное охранно-пожарное взрывозащищенное с видом взрывозащиты “Искробезопасная электрическая цепь” УПКОП 135-1-2П. Устройство предназначено для контроля и управления средствами оповещения и пожаротушения, располагаемыми во взрывоопасной зоне, и приборами приемно-контрольными охранно-пожарными обычного исполнения, размещаемыми вне ее. В состав устройства вошли новый блок интерфейсный взрывозащищенный БИВ с маркировкой взрывозащиты [Exia] IIC, табло световые ТС, оповещатели световые О12-2 ОС, элемент



Продукция ЗАО “ПО “Спецавтоматика”

© ЗАО “ПО “Спецавтоматика”, 2010

выносной ЭВ и элемент коммутирующий ЭВК, имеющие маркировку взрывозащиты 0ExiaIICT6.

Технические решения, реализованные при разработке обоих устройств, защищены патентом на изобретение.

Устройство УПКОП 135-1-2П может работать совместно с оповещателем звуковым взрывозащищенным “Шмель-12”, 0ExiasIICT6, который предназначен для формирования сигналов оповещения во взрывоопасных зонах классов 0, 1, 2, 3, в которых возможно наличие взрывоопасных смесей газов или паров категорий ПА, ПВ, ПС, групп с Т1 по Т6.

Узел управления (УУ) с комбинированным приводом взрывозащищенный, с диаметром условного прохода 100 и 150 мм, с ручным управлением, электрическим и гидравлическим приводами предназначен для работы в составе установок водяного и пенного пожаротушения. Устанавливается во взрывоопасных зонах I и 2-го классов — по классификации ГОСТ Р 51330.9, ГОСТ Р 52350.10; В-1а, В-1б, В-1г — по ПУЭ (гл. 7.3), в которых возможно образование взрывоопасных смесей категорий ПА, ПВ, групп с Т1 по Т4 — по классификации ГОСТ Р 51330.11, ГОСТ Р 51330.5.

В состав УУ входят и могут использоваться как самостоятельные электротехнические устройства:

- соленоид электропривода с маркировкой взрывозащиты IExdIIВТ4Х;
- сигнализатор давления универсальный с маркировкой взрывозащиты IExdIIВТ4;
- сигнализатор уровня жидкости с маркировкой взрывозащиты IExd[ib]IIВТ4.

Многолетняя работа на рынке позволила специалистам ЗАО “ПО “Спецавтоматика” накопить огромный опыт в разработке и эксплуатации продукции компании. Все изделия прошли проверку на практике, востребованность продукции обеспечивает успех предприятию и укрепляет его репутацию в том, что касается качества и надежности продукции.

С информацией о продукции и услугах компании, новостями и публикациями можно ознакомиться на сайте компании ЗАО “ПО “Спецавтоматика” <http://www.sauto.biysk.ru>. Наши специалисты всегда окажут техническую поддержку по электронной почте и ответят потребителям в режиме on-line.

Материал поступил в редакцию 14 мая 2010 г.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет новую книгу

В. Н. Черкасов, В. И. Зыков

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК :
учебное пособие. — М. : Пожнаука, 2010. — 406 с.

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.

121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 12, стр. 7;
тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: mail@firepress.ru



В. Д. Захматов
д-р техн. наук, профессор ИТГИП НАНУ,
г. Киев, Украина



Н. В. Щербак
аспирант Института гидромеханики
НАН Украины, г. Киев, Украина

УДК 614.841.412:665.61

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛОКАЛИЗАЦИИ РОЗЛИВОВ НЕФТИ НА МОРЕ

Ликвидация уникального, катастрофического разлива нефти в Мексиканском заливе, выброшенная на берег нефть, объявленное по этому поводу чрезвычайное положение в трех американских штатах, включая закрытие рыбных промыслов у побережья штата Луизиана, дававших более 40 % всего улова рыбы в США, убедительно показывают, что применяющаяся в настоящее время технология сбора выброшенных на берег нефтепродуктов не может обеспечить эффективную защиту побережья и морской экологической системы. Необходимо внедрение качественно новой технологии быстрой локализации и нейтрализации разливов нефтепродуктов на поверхности моря в кратчайший срок с момента их появления с целью максимального уменьшения времени пребывания нефти в воде, так как нефть, хотя и в ограниченной, но в хорошо заметной степени растворима в воде и значительно загрязняет ее.

Ключевые слова: разлив нефти, биосорбент, многоствольная установка импульсного распыления, распылительный патрон, контейнер с биосорбентом.

Ликвидация уникального, катастрофического разлива нефти в Мексиканском заливе, выброшенная на берег нефть, объявленное по этому поводу чрезвычайное положение в трех американских штатах, включая закрытие рыбных промыслов у побережья штата Луизиана, расположенных на площади, занимающей до 20 % площади залива, и дававших более 40 % всего улова рыбы в США, убедительно показывают, что применяющаяся в настоящее время технология сбора выброшенных на берег нефтепродуктов не может обеспечить эффективную защиту побережья и морской экологической системы. После механической уборки разлитой нефти с помощью судов-нефтеборщиков стоимостью до 40 евро за 1 м² моря сохраняется опасность выброса нефти на берег. Но поскольку операция очистки песочного пляжа очень дорого обходится (не менее 100 евро за 1 м² моря), трудоемка, длительна и недостаточно эффективна, а каменистый берег очистить практически невозможно за 1–2 уборки даже при затратах до 300 евро за 1 м² и выше, то становится понятно, почему нельзя допускать выброса нефти на берег.

Катастрофа в Мексиканском заливе произошла в 20-х числах апреля. На одной из нефтедобывающих платформ, принадлежащих British Petroleum (BP), произошел пожар, а затем взрыв, в результате чего скважина разрушилась. С тех пор через нее ежеднев-

но выливаются десятки тысяч баррелей нефти. Нефтяное пятно увеличивается в размерах и движется к американскому побережью. На борьбу с бедствием брошены тысячи служащих Национальной гвардии США и сотни судов.

В Мексиканском заливе начали устанавливать саркофаг на месте аварии на платформе BP. Танкер привез огромный 100-тонный железобетонный купол, который планируется опустить на глубину 1,5 км, прямо на разрушенную скважину, и подвести к нему трубы для откачивания нефти. Операцию проводит компания BP. Первая попытка опустить купол оказалась неудачной. Готовится другой, более тяжелый купол, транспортировка и спуск которого могут занять несколько дней. “Это очень сложная операция. Спуск конструкции может занять до двух дней. Подобную технологию никогда не испытывали на столь большой глубине. Если все пойдет по плану, скоро нам удастся остановить утечку нефти”, — сказал представитель компании BP Дуг Саттлз. При этом нефтяная пленка уже достигла американского побережья сразу в трех штатах, руководство которых объявило чрезвычайное положение. Вот только некоторые из многих видов эколого-экономических ущербов: гибель флоры и фауны в море, на побережье, прибрежной полосе; проникновение нефти по рекам вглубь территории; закрытие пляжей;

© Захматов В. Д., Щербак Н. В., 2010

токсичная вода и испарения в громадных масштабах и пр. Несмотря на накопленный ранее опыт по борьбе с такими катастрофами, привлечение сил и средств из многих стран, имеющих высококвалифицированные и хорошо оснащенные команды по ликвидации разливов нефти, ситуацию переломить не удастся на протяжении месяца — размеры нефтяных пятен неуклонно увеличиваются.

Вспомним, например, крушение российского танкера “Волгонепфть-139” 11 ноября 2007 г. в Керченском проливе близ косы Тузла. Судно перевозило более 4000 т нефтепродуктов в двух танках; при разрушении одного из них в воду вылилось не менее 2000 т нефти. Даже без учета нескольких сотен тонн серы, оказавшейся в море с других потонувших судов, 2000 т нефтепродуктов — очень серьезная экологическая катастрофа для ограниченных, относительно небольших бассейнов Черного и Азовского морей. По оценке ряда специалистов-экологов, например крымских — докторов биологических наук В. А. Тарасенко и В. Г. Мусияненко, более 1000 т мазута осело на дно моря, при этом не менее 300–500 т нефтепродуктов в виде жиров и сфер плавает в холодной воде на глубине 3 м и более вдоль Крымского побережья. Это подтверждают также съемки прибрежной полосы моря из космоса, представленные Институтом телекоммуникаций и глобального информационного пространства НАН Украины, Институтом РНБО и военной разведки.

Известен опыт оперативного сбора разлива нефти на Черном море без допуска ее к побережью. В августе 1986 г. на Феодосийском судоремонтном заводе произошел прорыв резервуара с нефтяными отходами, и в море вылилось более 100 т нефти. Причем нефть не ушла в открытое море, а увлекаемая морскими течениями стала дрейфовать вдоль берега. В операции по сбору нефти с поверхности моря были задействованы все имеющиеся на то время суда-нефтесборщики из портов Черного и Азовского морей. Тогда нефть остановили на подходе к Форосу. Более двух недель нефтесборщики и вспомогательные суда работали с полным напряжением сил и практически большую часть нефти собрали в море, не допустив ее выброса на берег. Один из руководителей этой операции Виктор Георгиевич Мусияненко в настоящее время активный член Партии зеленых в Крыму.

Шесть лет назад произошел крупный разлив нефти из аварийного танкера у берегов Аляски — более 1000 т. Сбор нефти с поверхности воды длился более двух месяцев и потребовал напряженной работы множества судов и тысяч людей.

Одной из наиболее трудных, длительных и дорогих операций была ликвидация последствий разлива нефти (около 1000 т) из аварийного танкера

“Престиж” у берегов Испании более 5 лет назад. Вследствие ряда причин аварийным испанским службам не удалось своевременно локализовать разлив нефти на море, и основную часть ее морские волны выбросили на берег. Операция по уборке нефти с берега продолжалась около 4 лет; ее стоимость составила более 1,6 млрд евро. При этом наибольшую трудность представляла очистка каменистых участков побережья в сочетании со скалистыми берегами. На этих участках в течение ряда лет даже после многократных очисток продолжалось выделение из глубоких расщелин пленок нефтепродуктов, загрязняющих расположенные рядом пляжи и делающих их непригодными для отдыха.

В связи с этим в настоящее время для Крыма наиболее актуальной оказалась задача эффективного приготовления к возможному всплытию нефтяных шаров, их растеканию по поверхности моря и движению к берегу. Готовность означает быстро создать и испытать технику по распылению на поверхность моря адсорбентов. Целесообразно было бы также приобрести корабли-сборщики нефти, но они очень дороги. Распыление адсорбентов может полностью решить проблему, в то время как применение только одних сборщиков нефти не обеспечивает ее полного сбора. Наиболее же эффективным вариантом является сочетание обеих технологий.

В декабре 2007 г. – январе 2008 г. произошли три крупных аварии с разливом нефти в море.

В результате аварии танкера у берегов Индонезии вытекло около 1000 т нефтепродуктов, площадь разлива составила более 3,5 га. Чтобы локализовать и собрать нефть на море, ежедневно работали более 9000 моряков и солдат, около сотни кораблей и тысячи добровольцев — окрестных рыбаков, для которых этот разлив означал потерю работы и источника существования на ряд ближайших лет.

В Балтийском море разлилось 300 т нефти. Десятки польских и германских судов, тысячи моряков и солдат напряженно работали в море и на берегу, пытаясь предотвратить распространение разлива нефти до берега или обеспечить его локализацию в момент выброса на берег, не допустив осадения нефти на песок и камни.

Разлив у берегов Норвегии также локализовали в море, не допустив распространения нефти до берегов. Такие решения очевидны, ибо относительно сложная трехэтапная технология локализации и сбора нефти с поверхности моря не превышает 40 евро за 1 м², в то время как сбор нефти с 1 м² пляжа стоит более 100 евро, а с камней — на порядок больше.

Особую озабоченность поляков и норвежцев вызывала проблема ускорения сбора нефти с поверхности моря с целью не допустить опускания нефти

на дно моря, ибо их специалисты обоснованно считали, что это источник сильного загрязнения даже в случае фиксирования нефти на дне моря, и тем более при поднятии конгломератов нефти на поверхность в случае изменения температуры и плотности воды при потеплении или воздействии сильного течения. При этом польские и норвежские специалисты обоснованно считают, что нефтяные “шары” (конгломераты) не будут опускаться на большую глубину, а будут плавать близко к поверхности, опускаясь и поднимаясь в зависимости от изменения плотности воды, ее температуры и солености, а также динамической силы течений.

Необходимо учитывать, что бассейны Азовского и особенно Черного морей сильно “перегружены” транспортировкой нефти в танкерах и подводных трубопроводах. Керченская авария — только первая ласточка. Наиболее интенсивен поток нефтепродуктов от портов Кавказа, в частности Батуми, до Одессы, Ильичевска, Румынии и Болгарии. Этот поток танкеров проходит в опасной близости от берегов Крыма. Авария на любом из них грозит экологической катастрофой для Крыма и Черного моря.

Сегодня для Украины есть только один реальный путь защиты Азовского и Черного побережий от аварийных разливов нефти, возникновение которых уже сегодня имеет высокую степень вероятности при существующей загрузке бассейнов Азовского и Черного морей транспортом нефти. Это путь внедрения имеющихся адсорбентов и новых технологий по сбору нефтяной пленки, размещения запасов адсорбента и монтажа распылительных установок на вспомогательных, маневренных кораблях во всех портах Черного и Азовского морей. Необходима также команда быстрого реагирования в виде отряда не менее чем из трех вертолетов, оснащенных подвесными системами высокоточного, многократного распыления адсорбентов. Третье средство, наименее подвижное, но наиболее мощное и дорогое, — это закупка не менее 2–3 судов нефтесборщиков (стоимость американского варианта до 100 млн долл.).

Комплексная, согласованная работа этих аварийно-спасательных средств способна надежно защитить побережье Украины от разливов нефти при авариях на танкерах и подводных трубопроводах.

Рассмотрим более подробно методы использования новой техники для локализации и нейтрализации разливов нефти. Как уже упоминалось, современные адсорбенты впитывают на 1 кг своего веса от 5 до 20 кг нефтепродукта, но они требуют сложной технологии применения, состоящей из трех основных этапов:

- разбрасывание адсорбента равномерно по нефтяной пленке;

- сбор “грязного” в переносном и прямом смысле адсорбента. Это чрезвычайно сложная и трудоемкая операция, загрязняющая корабли и вредная для персонала, осуществляющего сбор загрязненного адсорбента;
- утилизация адсорбента на берегу, что также является довольно сложной проблемой и производится путем сжигания, загрязняющего окружающую среду, и прежде всего атмосферу.

Процесс сжигания сложен, так как необходимо сжечь неоднородную, многокомпонентную большую массу, сильно насыщенную водой, — адсорбирующий материал, нефтепродукт, водоросли и пр. Другой путь — захоронение “грязного” адсорбента, что также проблематично и сложно, так как требует создания сложного и дорогого оборудования, включающего фильтры, центрифуги, компрессоры, прессы и пр. Поэтому себестоимость нефтепродукта, извлеченного из адсорбента, крайне высока, ведь адсорбент прежде надо отделить от водорослей и другой морской грязи. Себестоимость этого гораздо выше реальной стоимости выделенной нефти, поэтому операция выделения нефти из адсорбента нецелесообразна экономически, по крайней мере при применении известных технологий ресорбции нефти.

С учетом вышеизложенного идеальным было бы создание адсорбента, не требующего сбора нефти с поверхности моря и ее утилизации. Институт микроорганизмов НАН Украины разработал такой адсорбент на основе активированного угля, содержащего на поверхности своих пор микроорганизмы-бактерии. Этот уголь способен адсорбировать до 10 кг нефтепродукта, после чего бактерии обеспечивают его аэробную переработку до твердых инертных продуктов.

Однако иметь хороший адсорбент — только половина задачи локализации и нейтрализации разливов нефти. Институтами и научными центрами многих стран разработаны сотни различных сорбентов с разнообразными механизмами сорбции, локализации и нейтрализации нефти. Однако существующие методы распыления малоплотных материалов сводятся к применению сложной, дорогой пневматики, способной распылять массу малоплотных частиц в радиусе только до 5 м. На практике чаще всего состав высыпает из мешков с борта аварийно-спасательного корабля на поверхность нефтяной пленки или, в лучшем случае, раскидывают сорбент лопатами. Очевидно, что ни о какой равномерности распыления, быстром распылении по площадям в сотни квадратных метров, тем более с обеспечением наиболее эффективного расхода сорбентов от 10 до 50 г на 1 м², нет и речи. В настоящее время в Мексиканском заливе адсорбенты распыляют с самолета

тов и вертолетов — этот способ позволяет покрыть большую площадь, но с громадными потерями — до 90 % малоплотного адсорбента, интенсивно уносимого ветром и мощными воздушными потоками от винта вертолета и двигателей самолетов. Поэтому сегодня на практике набор сорбентов высокой эффективности приносит мало реальной пользы. Необходимо найти способ и несложную технику для быстрого распределения сорбента по поверхности нефтяной пленки, которая охватывает площади, измеряемые гектарами. Например, у берегов Индонезии площадь пленки на 17 декабря 2007 г. составила 3,5 га. В Мексиканском заливе нефтяная пленка покрыла море на сотни квадратных километров. Очень часто хорошие адсорбенты, огнетушащие и защитные составы демонстрируют высокую эффективность в лабораториях, но при практическом использовании эти преимущества реализуются лишь в малой степени из-за отсутствия техники быстрого и равномерного распределения данных адсорбентов или составов по пораженной площади.

В рассматриваемом случае такая техника наиболее важна, так как чем быстрее будет ликвидирован розлив, тем меньше будет ущерб. Анализ операций по ликвидации последствий разливов позволил установить, что время ликвидации разлива прямо пропорционально квадрату или кубу первоначальных убытков на момент начала аварии, когда нефть только растеклась по поверхности моря, т. е. по мере увеличения времени проведения операции локализации и нейтрализации нефтяного пятна ущерб возрастает в геометрической прогрессии.

Современная методика и техника распыления адсорбентов крайне примитивны: его высыпают из мешков с борта корабля либо надрезают мешок и сталкивают его в воду, разбрасывают с борта корабля лопатами или с помощью простейших пневматических устройств. Для осуществления этой операции корабль должен многократно проходить по нефтяному разливу, что приводит к значительной турбулизации поверхности воды с нефтяной пленкой и сильно затрудняет лонамуацию и дальнейшую адсорбцию нефтяной пленки. Для локализации нефтяного разлива с помощью кораблей необходимо оснастить их установками, обеспечивающими дальнейшее и равномерное распыление адсорбента по всей поверхности нефтяной пленки за минимальное время. Очень сложной задачей является создание таких установок, способных стабильно работать в сложных морских условиях и распылять малоплотные частицы адсорбента, которые под воздействием аэродинамического сопротивления при полете очень быстро теряют скорость.

Анализ возможных механизмов распыления пористых, малоплотных, плохобтекаемых частиц по-

зволил разработать и предложить оригинальный метод их распыления, заключающийся в использовании системы залпово инициируемых устройств импульсного распыления, которые используют для ускорения частиц адсорбента энергию относительно слабой, направленной взрывной волны, дополнительно релаксированной и охлажденной перед контактом с пористыми горючими частицами. Под релаксацией взрывной волны в данном случае понимается растяжение в глубину фронта волны и, соответственно, перепада давления и уменьшение его величины на фронте волны, что позволяет снизить бризантное (разрушительное) и повысить метательное (ускоряющее) воздействие. Охлаждение осуществляется путем применения водонаполненного заряда взрывчатого вещества или заряда, помещенного в герметичный и наполненный водой патрон.

Такие конструктивные особенности импульсно-распылительных ствольных или бомбообразных устройств, а также многоствольных установок (см. рисунок) позволяют обеспечить оптимальный режим дальнего и крупномасштабного распыления большой массы малоплотных, пористых, относительно крупных, горючих частиц и при этом минимизировать разрушение и обгорание частиц и микроорганизмов, расположенных на поверхности пор этих частиц. Ускорение частиц осуществляется следующим образом: в казенной части ствола, точнее в патроне, размещенном в этой части, инициируется и срабатывает заряд взрывчатого вещества, при этом образуется направленная взрывная волна с фронтом большой площади. Этот фронт в процессе разрушения патрона разбавляется водой, размещенной, например, в пыже, одновременно способствуя испарению и распылению воды и создавая при этом мощный, утолщенный газодводяной фронт с повышенной метательной способностью, сниженным разрушительным и термическим эффектами.

В канале ствола происходит смешивание газодводяной волны и частиц адсорбента, при этом образуется многофазный, мультивихревой шквал — поток с уплотненным мощным фронтом, который за срезом канала ствола начинает быстро расширяться, увеличивая свою площадь. В результате при залповом срабатывании на малом расстоянии — не более 5–10 м от среза стволов — фронты отдельных шквалов сливаются в единый фронт, что увеличивает дальность действия фронта не более чем на 100 м, а площадь его действия в 1,5–2,5 раза превышает арифметическую сумму площадей действия струй из отдельных стволов. С дистанции не более 5 м от среза ствола фронт шквала скользит по поверхности нефтяной пленки, имея с ней непосредственный контакт по всей траектории своего распространения, и осуществляет проникающее напы-



Многоствольный, распылительный модуль для установки на палубе корабля, катера, а также на шасси прицепа

ление — сплошное внедрение частиц адсорбента в слой нефтяной пленки по всей ее площади, над которой проходит фронт потока.

Такой метод напыления адсорбента является универсальным для распыления самых различных видов адсорбентов по площади или абсорбентов по объему, в которых есть разливы, выбросы экологически вредных веществ. Распыление жидких абсорбентов по заданному объему возможно также с помощью импульсных систем распыления. Импульсный газодляной поток с широким фронтом, проходя по всему заданному объему, равномерно распыляет абсорбент, часть которого движется поступательно, а большая часть — вихреобразно, что значительно повышает эффективность его действия по захвату частиц (газа, капель, пылинок, аэрозоля) экологически опасного вещества.

Для распыления адсорбента наиболее эффективна многоствольная установка импульсного гибко управляемого распыления адсорбентов на основе использования патронированных зарядов, обеспечивающая быстрое и равномерное покрытие больших площадей в сотни квадратных метров с гибким регулированием мощности распыления, раз-

мера и конфигурации площади распыления. В настоящее время только подобная установка позволяет реализовать с высокой эффективностью все функциональные качества различных адсорбентов и биосорбентов.

С 8 по 11 июля 2008 г. проводились полигонные испытания метода импульсного распыления биосорбента. *Объекты испытаний:* десятиствольная установка “Импульс-10Л” (лафетный вариант, см. рисунок), биосорбент марки “Эколан”. *Место проведения испытаний:* г. Севастополь, с. Хмельническое, площадка уничтожения боеприпасов. *Цель проведения испытаний:* определение возможности и эффективности локализации и ликвидации разливов нефтепродуктов на поверхности воды. На фотографиях показан вид установки на позиции (см. рисунок).

В таблице показаны измеренные или зафиксированные параметры экспериментов. Масса распыляемого состава M (кг) и распылительного заряда m (г) определялась взвешиванием на весах с точностью ± 1 г. Дальность (L) и ширина (A) распыления биосорбента измерялись рулеткой. Концентрация биосорбента на единице площади измерялась взвешиванием пустых сухих малых противней с распыленным биосорбентом. Параметры газодисперсного потока замерялись по материалам видеосъемки. В первой серии экспериментов производился подбор величины распылительных зарядов с целью оптимизации параметров процесса распыления, в частности дальности и площади распыления.

На основе анализа проведенных испытаний после их детального совместного обсуждения были сделаны следующие выводы.

1. Многоствольная установка обеспечивает эффективное, крупномасштабное распыление малоплотного биосорбента (марки “Эколан”).

2. При распылении из отдельных стволов получена дальность распыления до 21 м и площадь равномерного покрытия до 100 м.

3. При залповом распылении из пяти стволов получена дальность распыления до 53 м, ширина площади распыления — от 6 до 12 м, общая площадь распыления — до 450 м².

4. По площади распыления осуществляется равномерное нанесение биосорбента с удельным расходом от 15 до 35 г/м².

5. Данный метод импульсного распыления биосорбента перспективен по целому ряду основных факторов (простота, безопасность, гибкость управления, высокая эффективность, дешевизна) для промышленного внедрения и оснащения многоствольными распылительными установками аварийно-спасательных и вспомогательных кораблей в портах Азово-Черноморского побережья Украины.

Параметры процесса импульсного распыления абсорбентов

№ п/п	Распылительный заряд				Распыляемый материал				Распыление			
	Вид	m , г	Диаметр, мм	h , мм	Вид	M , г	Диаметр, мм	H , мм	Дальность L , м	Ширина A , м	Площадь S , м ²	Характер
1	ДРП-1 крупный китайский	30	50	40	Опилки мелкие	3270	205	250	8	1	6	Узкая равномерная лента
2		120	70	35	Древесная пыль				15	1	30	Равномерная лента с выраженным фронтом
3		100	50	80					17	1,2–2	50	
4	Морская смесь с Al	100	50	80	Адсорбент — биосорбент	1500	205	459	19	3–6	60	Хороший выброс, распыление равномерное, покрытие площади с удельным расходом 15–25 г/м ²
5		150	50	80		1500	–	–	23	3–7	100	
6	1,5 × 5 залп из 5 стволов	5 × 100	50	80		7500	–	–	45	11,5–12	450	
7		5 × 100	50	80		7500	–	–	53	9–11	400	

Рассмотрим вопросы безопасности применения импульсных распылительных установок при локализации нефтяных разливов на поверхности воды — реки, озера, моря и т. д. Вероятность возникновения пожара нефтяного разлива практически отсутствует по целому ряду следующих причин.

1. Низкая воспламеняемость разливов нефти даже при наличии толстого слоя непрогретой нефти на воде. Большая теплоемкость нефти и большинства нефтепродуктов (кроме легковоспламеняющихся бензинов и растворителей, как правило, смешивающихся с водой и невоспламеняющихся) требует сильного, весьма интенсивного нагрева, которого за короткое время можно добиться только с помощью зажигательного боеприпаса специальной конструкции. Этот боеприпас разбрасывает массу раскаленных частиц горящего зажигательного состава по большой поверхности (площадь в десятки квадратных метров) слоя нефти с высокой плотностью его покрытия. Только такой боеприпас может поджечь толстый слой разлива нефти, который существует не более нескольких минут после начала разлива. Стандартный зажигательный боеприпас, взрывающийся на поверхности разлитой нефти, не может ее зажечь из-за того, что при его разрыве происходит сильное распыление воды, чем обеспечивается интенсивное объемное охлаждение.

В советское время автор участвовал в ряде научно-исследовательских работ по совершенствованию зажигательных боеприпасов, в частности, для обеспечения эффективного поджога резервуаров с нефтью, нефтепродуктами и их разливов на поверхности воды и на суше. Так вот, практически невозможно поджечь нефть или нефтепродукт, если прошло более 5–15 мин после начала разлива.

Горящие разливы нефти могут быть только в одном случае, если разливается нефть, которая горела уже длительное время и в которой образовался толстый прогретый верхний слой. В этом случае при

разрушении резервуара и разливе нефти ее прогретая часть становится верхним слоем разлива, который быстро загорается от уже горящего фрагмента нефти. Неизвестны случаи намеренного или случайного поджога тонкого слоя пленки нефти или нефтепродуктов разлива на поверхности воды.

2. Есть ли поджигающая способность у вихревого газодисперсного потока, несущего распыленный биосорбент? При проектировании распылительной импульсной установки и боеприпаса к ней основным условием было обеспечить “холодное распыление”, чтобы температура смеси пороховых газов и сорбента в канале ствола не превышала 50 °С. Это является обязательным условием сохранения высокой сорбционной способности и жизнедеятельности бактерий распыляемого биосорбента и достигается введением в канал ствола толстого, пористого, водонаполненного пыжа и такой же оболочки патрона с распылительным зарядом.

В качестве распылительного заряда использовали 100 г дымного оружейного пороха (ДРП-1) с электровоспламенителем. Оба компонента взяты от салютного заряда китайского производства. Этим зарядом невозможно поджечь разлив тонкого слоя нефти и нефтепродуктов, даже если сжечь заряд в идеальных для поджога условиях — на высоте 10–20 мм над уровнем нефтяной пленки.

3. Конструкция распылительной установки содана и обеспечивает операции заряжания, выстрела, залпа и разрядки в соответствии “Едиными правилами производства и проведения взрывных работ”, действующими на территории Украины. В качестве распылительного заряда использованы компоненты салютного устройства китайского производства, которое официально допущено и находится в широкой продаже на территории Украины.

4. Для эксплуатации и технического обслуживания многоствольной установки импульсного распыления биосорбентов, адсорбентов в каждом област-

ном управлении МЧС Украины есть достаточное количество квалифицированных и опытных специалистов-взрывников, занимающихся в настоящее время уничтожением боеприпасов. Кроме того, многолетний (с 1994 г.) опыт эксплуатации семи многоствольных распылительных огнетушащих установок на танковом шасси в частях МЧС Украины и более 20 установок в частях МЧС России показывает полное отсутствие несчастных случаев и происшествий при их обслуживании и эксплуатации.

Предлагаемая техника импульсного распыления является полностью безопасной в плане возможности несанкционированного поджога при воздействии импульсных газодисперсных вихрей, содержащих огнетушащие и негорящие материалы.

Многоствольными распылительными установками, комплектующими распылительными патронами и герметичными контейнерами с биосорбентом или другим адсорбентом, абсорбентом можно оснастить любые корабли и суда, которые смогут в определенной мере ликвидировать последствия разлива нефтепродуктов. Эти корабли всегда будут в высокой степени готовности к немедленному использованию. Запасы снаряженных патронов и контейнеров можно хранить 10 и более лет. Это позволяет в портах, на танкерах или морских газонефтедобывающих платформах сосредоточить достаточные запасы патронов и контейнеров и с помощью многоствольных установок импульсного распыления быстро и эффективно локализовать и ликвидировать разливы нефтепродуктов.

Для защиты определенного участка морского побережья, находящегося между этими портами, целесообразно оснастить этими установками минимум по 2–3 вспомогательных судна в каждом порту — буксиры, пожарно-спасательные. Эти суда должны иметь низкую кормовую часть, чтобы размещаемая на них многоствольная установка могла создавать скользящий по поверхности воды многофазный вихревой поток с широким сплошным фронтом.

Мультивихревая структура фронта потока в определенных экспериментально диапазонных скоростях его движения может обеспечить сплошное воздействие на поверхность моря при наличии волнения и создание сплошной пленки распыленного адсорбента.

Вся полоса побережья поделена между портами на зоны их ответственности. Суда с распылительными установками от каждого порта работают по своей зоне ответственности при разливах нефти, не превышающих по площади и по массе разлитой нефти среднюю величину.

При локализации и ликвидации больших, крупномасштабных разливов к месту аварии могут быть привлечены в течение суток из портов Азовского и

Черного морей все суда с многоствольными распылительными модулями, что позволит организовать быструю локализацию и последующий “расстрел” нефтяного пятна.

Кроме ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, данные суда могут использоваться для распыления абсорбентов с целью локализации и нейтрализации токсичных и взрывоопасных облаков, образовавшихся, например, при авариях танкеров, газонефтедобывающих морских платформ, судов, кораблей в открытом море и в акватории порта.

Другая область их применения — это тушение пожаров на судах, кораблях, добывающих платформах, портовых сооружениях, причалах, нефтеналивных станциях с помощью многоствольных распылительных установок, которое достигается простой сменой защитных боеприпасов, заряженных теми или иными огнетушащими, взрывопредотвращающими, локализирующими, дезактивирующими, осаждающими и другими составами защитного назначения.

Хорошим дополнением к корабельным защитным силам, базирующимся в портах Азовского и Черного морей, может быть вертолетный отряд быстрого реагирования не менее чем из трех машин, оснащенных платформами с 9, 16, 25 и более распылительных “бомб” в каждой. В зависимости от вида решаемой защитной задачи и условий окружающей среды бомбы могут сбрасываться и подрываться на различных дистанциях от платформы и, соответственно, на различных высотах над “целью” — горящим лесом, нефтяным разливом и др.

Вертолетный отряд всегда сможет обеспечить быстрое, высокоточное и высокоэффективное воздействие или поддержать действие кораблей с многоствольными установками в условиях аварийных ситуаций, когда каждый лишний час их беспрепятственного развития приносит большие убытки.

Создание такой системы импульсной защиты позволит в значительной степени качественно повысить степень обеспечения экологической безопасности акваторий и прибрежных зон в бассейнах Черного и Азовского морей. Сложившаяся тяжелая экологическая ситуация может быть заметно улучшена только с помощью таких качественно новых решений.

Данный проект можно назвать “Система и средства оперативной быстрой и эффективной локализации разливов нефтепродуктов на портовых, речных, морских акваториях, а также в открытом море” и наиболее целесообразно использовать в совместном российско-украинском формате или, учитывая резко возросшую актуальность данной технологии, — в совместном российско-украинско-американском формате. Проект состоит из ряда этапов:

- 1) разработка техзадания на проектирование многоствольной установки импульсного распыления;
- 2) проектирование и изготовление опытно-промышленного образца многоствольной установки на базе двухосного лафета или прицепа;
- 3) проектирование и изготовление опытно-промышленных партий распылительных патронов и контейнеров с распылительным составом;
- 4) детальные полигонные испытания установки, патронов и контейнеров с определением ряда параметров:
 - массы распыляемого состава из одного ствола;
 - величины распылительного заряда и вида пороха;
 - дальности, конфигурации и площади распыления в зависимости от количества стволов в залпе и их взаимной расстановки;
 - оптимальных залповых схем;
 - зависимости изменения дальности и площади распыления от погодных условий — ветра, волнения воды;
 - погодных условий, при которых обеспечивается эффективная работа установки;
- 5) доработка конструкторско-технологической документации по результатам испытаний;
- 6) выпуск первых промышленных партий установок (10 шт.), патронов и контейнеров (по 10 тыс.

шт.). Контрольный отстрел образца промышленной установки; составление таблиц стрельбы — импульсного распыления;

7) разработка и утверждение инструкции по применению установки;

8) передача установок, патронов и контейнеров на опытную эксплуатацию в подразделения МЧС приморских областей России и Украины;

9) анализ результатов годовой опытной эксплуатации;

10) обоснование и составление правительственной программы по оснащению МЧС и портовых подразделений Министерства транспорта России и Украины необходимым количеством установок и комплектующих к ним. Составление госзаказов.

Таким образом, Черное и Азовское моря можно защитить лишь совместными согласованными и скоординированными усилиями Украины и России, привлекая к сотрудничеству по мере его развития и другие страны Черноморского бассейна. Данная технология может быть внедрена на громадных просторах морских владений России, а также других стран, например США, Европы, Азии, Ближнего Востока, — на акваториях с высокой вероятностью возникновения нефтяных разливов (открытое море, прибрежная полоса, бухта, залив, территория порта и пр.).

*Материал поступил в редакцию 14 мая 2010 г.
Электронный адрес авторов: z-impulse@rambler.ru.*

Письмо швейцарского фонда “Risk Reduction Foundation”

1) Президенту США; 2) Госсекретарю США; 3) Администратору транспортной безопасности США; 4) Президенту Британии Петролеум; 5) Агентство защиты окружающей среды США; 6) UNEF; 7) Генеральному секретарю ООН; 8) Генеральному прокурору Украины; 9) Президенту Украины; 10) Министру иностранных дел Украины; 11) Министру охраны окружающей среды Украины; 12) Министру МЧС Украины; 13) Представителю Британии Петролеум на Украине; 14) Послу США на Украине; 15) Послу Украины в США

Уважаемые господа!

Международный Фонд Сокращения Рисков владеет технологией, с помощью которой можно значительно ускорить операцию по ликвидации последствий катастрофы, происшедшей в Мексиканском заливе.

Эта технология уже была успешно испытана и применялась при ликвидации аналогичных аварий на Нефтяных Камнях в Каспийском море (1989 г.), Башкортостане (1996 г.), а также на Черном море (2007–2008 гг.).

Автор упомянутой технологии профессор, доктор технических наук Владимир Захматов готов лично принять участие в оказании срочной помощи. Учитывая чрезвычайную экологическую ситуацию, мы верим, что предлагаемая помощь будет реальной демонстрацией стратегического партнерства и дружеской взаимопомощи. В случае проявленного интереса мы готовы оказать необходимую техническую помощь и обеспечить участие автора проекта в его реализации.



ООО “Издательство “Пожнаука”
 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 12, стр. 7
 тел./факс: (495) 228-09-03, 445-42-34
 e-mail: mail@firepress.ru, firepress@gmail.com
 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

Июнь 2010 г.

Авторы	Наименование	ISBN	Цена, руб./экз.
НОВИНКИ			
<i>Книги написаны с учетом требований Федерального закона № 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”!</i>			
	Свод правил. Системы противопожарной защиты. — 2009. — 618 с.	978-5-91444-012-8	1500
	Федеральный закон “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”. — 2010. — 150 с.		220
<i>Антоненко А. А., Буцьинская Т. А., Членов А. Н.</i>	Основы эксплуатации систем комплексного обеспечения объектов: учебно-справочное пособие. — 2010. — 220 с.	978-5-91444-017-3	380
<i>Бондарь В. А.</i>	Электрооборудование для взрывоопасных и пожароопасных зон производств различных отраслей промышленности. — 2009. — 126 с.	978-5-91444-004-3	220
<i>Корольченко А. Я.</i>	Пожарная опасность материалов для строительства: учебное пособие. — 2009. — 217 с.	978-5-91444-013-5	350
<i>Корольченко А. Я., Загорский Д. О.</i>	Категорирование помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. — 2010. — 118 с.	978-5-91444-015-9	250
<i>Корольченко Д. А., Громовой В. Ю.</i>	Огнетушители. Устройство. Выбор. Применение. — 2010. — 94 с.	978-5-91444-014-02	140
<i>Пиллюгин Л. П.</i>	Прогнозирование последствий внутренних аварийных взрывов. — 2010. — 380 с.	978-5-91444-016-6	450
<i>Смелков Г. И.</i>	Пожарная безопасность электропроводок. — 2009. — 328 с.	978-5-9901554-2-8	540
<i>Черкасов В. Н., Зыков В. И.</i>	Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: учебное пособие. — 2010. — 430 с.	Выходит в августе 2010 г.	
<i>Членов А. Н., Буцьинская Т. А., Дровникова И. Г., Бабуров В. П., Бабурин В. В., Фомин В. И.</i>	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
СУПЕРКИДКИ			
<i>Баранин В. Н.</i>	Экономика чрезвычайных ситуаций и управление рисками. — 2004. — 332 с.	5-901-283-02-5	70
<i>Корольченко А. Я., Корольченко О. Н.</i>	Средства огнезащиты: справочник. — 2006. — 258 с.: ил.	5-903049-04-4	100
<i>Собурь С. В.</i>	Пожарная безопасность: справочник. — Изд. 2-е, с изм. — 2005. — 292 с.	5-98629-001-1	50
<i>Собурь С. В.</i>	Пожарная безопасность сельскохозяйственных предприятий: справочник. — 2005. — 88 с.	5-98629-004-6	36
<i>Собурь С. В.</i>	Установки пожаротушения автоматические: справочник. — Изд. 4-е, с изм. — 2004. — 408 с.: ил.	5-98629-008-9	50
<i>Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Грачев В. А.</i>	Транспорт: наземный, морской, речной, воздушный, метро: учебное пособие. — 2007. — 383 с.	5-903049-09-5	280
<i>Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Подгрушный А. В.</i>	Леса, торфяники, лесосклады. — 2007. — 358 с.	5-903049-12-5	280

Авторы	Наименование	ISBN	Цена, руб./экз.
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Подгрушный А. В.	Объекты добычи, переработки и хранения горючих жидкостей и газов: учебное пособие. — 2007. — 325 с.	5-903049-11-7	280
Шароварников А. Ф., Шароварников С. А.	Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав. Свойства. Применение. — 2005. — 335 с.	5-903049-02-X	120
Бабуров В. П., Бабурин В. В., Фомин В. И.	Автоматические установки пожаротушения: учебно-справочное пособие. — 2009. — 294 с. ГОТОВИТСЯ ПЕРЕИЗДАНИЕ КНИГИ!	978-5-91444-011-1	400
Брушлинский Н. Н., Корольченко А. Я.	Моделирование пожаров и взрывов. — 2000. — 492 с.		540
Горшков В. И.	Тушение пламени горючих жидкостей. — 2007. — 268 с.	5-903049-08-7	250
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
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
Долговидов А. В., Теребнев В. В.	Автоматические установки порошкового пожаротушения. — 2008. — 322 с.	978-5-91444-005-X	310
Корольченко А. Я.	Процессы горения и взрыва: учебник. — 2007. — 266 с.: ил.	978-5-91444-001-2	450
Корольченко А. Я., Корольченко Д. А.	Основы пожарной безопасности предприятия. Полный курс пожарно-технического минимума: учебное пособие. — 2008. — 314 с.	5-903049-10-9	300
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
Пиллюгин Л. П.	Обеспечение взрывоустойчивости зданий с помощью предохранительных конструкций. — 2000. — 224 с.: ил.	5-901283-03-1	240
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.	Краткий курс пожарно-технического минимума: учебное пособие. — Изд. 4-е, с изм. и доп. — 2010. — 320 с.: ил.	978-5-98629-016-4	180
Собурь С. В.	Огнетушители: учебно-справочное пособие. — Изд. 6-е, с изм. — 2009. — 80 с.	978-5-98629-020-1	70
Собурь С. В.	Пожарная безопасность общественных и жилых зданий: справочник. — Изд. 3-е, с изм. и доп. — 2007. — 192 с.: ил.	978-5-98629-014-0	125
Собурь С. В.	Пожарная безопасность предприятия. Курс пожарно-технического минимума: пособие. — Изд. 12-е, перераб. — 2008. — 496 с.: ил.	978-5-98629-023-2	250
Собурь С. В.	Пожарная безопасность промпредприятий: справочник. — Изд. 2-е, с изм. — 2007. — 176 с.	5-98629-013-5	110
Собурь С. В.	Пожарная безопасность: справочник. — Изд. 3-е, с изм. и доп. — 2007. — 272 с.	5-98629-012-7	145
Собурь С. В.	Установки пожарной сигнализации: учебно-справочное пособие. — Изд. 5-е, с изм. и доп. — 2006. — 280 с.	5-98629-003-8	150

Авторы	Наименование	ISBN	Цена, руб./экз.
Теребнев В. В.	Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений: справочник. — 2007. — 256 с.: ил.	5-902604-06-0	330
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-строевая подготовка: учебно-методическое пособие. — 2008. — 350 с.	5-91017-019-9	460
Теребнев В. В., Подгруппинный А. В.	Пожарная тактика. Основы тушения пожаров. — 2008. — 512 с.	5-91017-019-8	595
Теребнев В. В., Теребнев А. В.	Управление силами и средствами на пожаре: учебное пособие. — 2006. — 264 с.	5-98135-009-1	330
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
Теребнев В. В., Теребнев А. В., Подгруппинный 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., Ульянов Н. И., Грачев В. А.	Пожарная техника: учебное пособие: в 2 т. — 2007. — Т. 1: Пожарно-техническое вооружение. Устройство и применение. — 328 с.; Т. 2: Пожарные машины. Устройство и применение. — 328 с.: ил.	5-91017-016-4 5-91017-016-5	495
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 ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ!

ООО “Издательство “Пожнаука” продолжает подписку на 2010 г. на комплект журналов “Пожаровзрывобезопасность” и “Пожарная безопасность в строительстве”.

	Стоимость, руб.
2-е полугодие 2010 г.	
Комплект журналов “Пожаровзрывобезопасность” (6 номеров) и “Пожарная безопасность в строительстве” (3 номера)	3790
Журнал “Пожарная безопасность в строительстве” (3 номера)	1140

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 XXI"	(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

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

- по почте: 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 12, стр. 7;
 - по тел./факсу: (495) 228-09-03, 445-42-34;
 - по e-mail: mail@firepress.ru, firepress@gmail.com.



К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Направляемые в журнал “ПОЖАРОВЗРЫВБЕЗОПАСНОСТЬ” 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 общеизвестных 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 предоставляются 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.

About Fire Spread by Poplar Seed Tufts

Poletaev N. L., Dr. of Technics, FSE All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercome RF, Moscow, Russia

Form and spreading rate of flame in poplar seed tufts deposits (with diameter about 6 μm) on the plane, in half-open glass pipe and in the pipe made from metal gauze, and also explosion characteristics of seed tufts deposits in airtight quasispherical chamber with volume about 18.7 dm^3 , are experimentally researched. Possibility of usage of normal combustion rate conception for poplar seed tufts deposits is substantiated. Visible combustion rate in not trampled down poplar seed tufts deposit of natural density (close to stoichiometric) in horizontal direction wasn't depend on research type, coincided with normal combustion rate and made 0.3 m/sec. By moving of flame upwards it were find out two combustion regimes with visible combustion rates 0.4 and 0.8 m/sec. Explosion of poplar seed tufts deposit in airtight chamber characterized by maximal excess pressure 550 kPa and maximal rate of growth of explosion pressure 10 MPa/sec. Explanation of some characteristics of poplar seed tufts combustion accounting specificity of researched two-phase inflammable mixture is given.

Key words: poplar seed tufts, flame spreading speed, flame form, explosion of poplar seed tufts deposits.

Primary Rating of Fire-Retardant Characteristics of Foamed Coats on a Basis of Different Water Dispersions

Balakin V. M., Cand. of Chemistry, Professor of Plastic Refining Technology Department of Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

Seleznov A. M., Postgraduate Student of Plastic Refining Technology Department of Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

Belonogov K. V., Undergraduate of Engineering-Ecological Department of Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

A comparative estimation of fireproof foamed paints and varnish coverings on a basis of polyvinyl acetate, acryl and styrol-acryl aqueous dispersion has been present in this article. The comparative estimation was carried out on weight loss, factor foamed and thermal protection efficiency.

Key words: fireproof, foamed, paints, foamed factor.

Fireproof Protective Materials. Modification of Siloxan Covering of Protective Materials by Compounds of Boron

Timofeyeva S. V., Cand. of Chemistry, Head of Department of Ivanovo State Institute of Fire-Prevention Service of Emercome RF, Ivanovo, Russia

Osipov A. E., Graduate Student of Ivanovo State Institute of Fire-Prevention Service of Emercome RF, Ivanovo, Russia

Khelevina O. G., Dr. of Chemistry, Honoured Scientist of RF, Professor of Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Ivanovo, Russia

The modification of siloxan covering of protective materials is studied by compounds of boron: boron hydroxide, boron oxide and boron triethyl for rise of fireprotective properties of ma-

terials. The modification of covering on basis of liquid siloxan rubbers by compounds of boron leads to rise of fire resistance and improvement of physic-mechanical properties of protective materials. This is explained by formation of boron siloxan elastomers at modification of rubbers and high coordinating properties of boron.

Key words: siloxan rubbers, modification, compounds of boron.

Influence of Ambient Temperature on Heated Liquid of Evaporation Process from the Surface of Emergency Spillage

Dolgova M. A., Postgraduate Student of the Department "Machines and Devices of Chemical Production", Kazan State Technological University, Kazan, Tatarstan

Galeev A. D., Cand. of Engineering Science, Associated Professor of the Department "Machines and Devices of Chemical Production", Kazan State Technological University, Kazan, Tatarstan

Ponikarov S. I., Dr. of Engineering Science, Professor, Head of the Department "Machines and Devices of Chemical Production", Kazan State Technological University, Kazan, Tatarstan

The article covers mathematical model of evaporation of the heated liquid from the surface of emergency spillage. There has been conducted a research of effect of ambient temperature on heated liquid of evaporation process, by the example of hexane, implemented in software package "Fluent".

Key words: evaporation, ambient temperature, emergency spillage.

Quantitative Assessment of Fire Risk Value

Korolchenko A. Ya., Dr. of Technics, Professor, Head of a Chair MSCU, Moscow, Russia

Bushmanov S. A., Postgraduate Student of MSCU, Moscow, Russia

Question of quantitative assessment of fire risk value in the world and on the territory of Russian Federation is examined. Analysis in fire safety area by existing methods of fire risk assessment is carried out. Priority factors estimating fire risk value are chosen. Modernization solutions for existing methodic of design quantities determination of fire risk in buildings, constructions and structures of different classes of functional danger are suggested.

Key words: fire risk, flexible rate fixing, methodic, factors.

Functioning of System of Monitoring of Safety of Objects in Structure Edds

Zykov V. I., Dr. of Technics, the Professor, the Chief of Chair of Academy of the State Fire Service of Emercome RF, Moscow, Russia

Ivannikov A. P., the Teacher of Academy of the State Fire Service of Emercome RF, the Senior Lieutenant of Domestic Services, Moscow, Russia

Levchuk M. S., the Chief of Department of Open Society "Argus-Spektr", Saint-Petersburg, Russia

The analysis of systems of address radio channel monitoring of early detection of a fire on especially brave objects with the subsequent automatic transfer on an alarm signal radio channel on dispatching centre EDDS is carried out. Technical requirements to structure of system of radio channel monitoring are

formulated and the accessory of components of system to various proprietors is defined. The generalised complex criterion with the average factors of relative importance which gives the chance to choose from a great number of offered systems of construction of radio channel monitoring of fire-dangerous objects the best variant optimum is offered.

Key words: the Ministry of Emergency Measures, control centre of forces, a uniform dezhurno-dispatching office service, the panel of the centralized supervision, system of radio channel monitoring, an emergency situation, system of mass service, the security-fire alarm system, a fire, alarm signal, fire safety, radio equipment, object, radio system, radio transmitter, radio receiver.

Correction of Fire Safety Ensuring Conditions for Defense Objects

Sedov D. V., Cand. of Chemistry, the Teacher of the East-Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs RF, Irkutsk, Russia

Currently fire safety of defense objects ensure by following to one of the following conditions: implementation of mandatory precautions complex with explanation of fire risk acceptable level or implementation of mandatory and recommended precautions complex (verification of fire risk level isn't required). Only first condition's legality is proved. Second condition, by author's opinion, distorts the view on fire risk conception and provokes some specialists on developing amendments of currently calculation methodic to the detriment of objectivity.

Key words: Technical enactment about fire safety requirements, fire safety ensuring conditions, improvement of fire risk calculation methodic.

On Calculation of Actual Time of Evacuation of People from a Premise

Barakhovskaya O. V., Cand. of Pedagogic Sciences, Associate Professor of Mathematics and Informatics Department of Ural Institute of SFS of Emercome RF, Yekaterinburg, Russia

Perevalov A. S., Student of Ural Institute of SFS of Emercome RF, Yekaterinburg, Russia

Mathematical aspects of calculation of actual time of evacuation of people from a premise by means of the simplified model of movement of a human stream, mathematical model of individually-line movement of people from a building and imitating-stochastic model of movement of human streams according to a technique of determination of rating of fire hazard in buildings, constructions and structures of various classes of functional fire danger are considered.

Key words: fire safety, fire hazard, time of evacuation.

System Video Control and Fire Safety Alarm System in the Complex Safety of Objects to Prevent the Hazard Situations and Terrorist Acts

Vatagin V. S., Cand. of Chemistry, Professor of Ivanovo State Institute of Fire-Prevention Service of Emercom RF, Ivanovo, Russia

The system intelligent video control and fire safety alarm system in the complex safety of the objects are proposed. Main features of the computer aid plant control safety system are presented. The Intelligent monitoring subsystem, which allow to prevent and warn the hazard situations and terrorist acts.

Key words: system intelligent video control, fire safety alarm system, complex safety, prevention and warning the hazard situations and terrorist acts.

Years of Work on the Market – Sure Performance Criterion

CSC “Production Association “Spetsavtomatika”, Biysk, Altai Region, Russia

Explosion-proof equipment produced by CSC “PA “Spetsavtomatika” is examined in this article. Distinctive features of the equipment and range of application are given.

Key words: explosion-proof device UPKOP, explosion-proof signalizer, explosion-proof control assembly.

Modern Technologies for Liquidation of Oil Spreads at the Sea

Zahmatov V. D., Dr. of Technics, Professor of ICAGIC NASU, Kiev, Ukraine

Shcherbak N. V., Postgraduate Student of Institute of Hydromechanics of NAS Ukraine, Kiev, Ukraine

Modern technologies for liquidation of oil spreads at water are poor effective, longitudinal, high expensive. There propose new technology jointed high effective biology sorbent and multi-barrels unit for its pulse pulverization uniformly, instantly all over large area, removed necessity of operation for collecting sorbent with dry, non active oil. It ensure real perspective for fast, non expensive liquidation of oil spreads with small amount of ships, peoples, sorbent.

Key words: oil spread, biology sorbent, multibarrels unit of pulse pulverization, pulverization chuck, container with biology sorbent.

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. Брушлинский
к.т.н., профессор Е. Е. Кирюханцев
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
Редакторы:
Л. В. Крылова, Т. В. Сергунина
Отдел рекламы и распространения:
Е. В. Майорова

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. Brushlinskiy
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
Editors:
L. V. Krylova, T. V. Sergunina
PR and Subscription Section:
E. V. Maiorova

Учредитель – ООО “Издательство “Пожнаука”

Тел./факс: (495) 228-09-03, 445-42-34
121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 12, стр. 7
E-mail: mail@firepress.ru, firepress@gmail.com
http://www.firepress.ru

ISSN 0869-7493



9 770869 749006

Подписано в печать 05.06.10.
Формат 60×84 1/8. Тираж 5000 экз.
Бумага офсетная №1. Печать офсетная.
Отпечатано в типографии “ГранПри”, г. Рыбинск

Здравствуйте, наши дорогие читатели!

Издательство “Пожнаука” предлагает Вам оформить годовую или полугодовую подписку на журналы “Пожаровзрывобезопасность” и “Пожарная безопасность в строительстве” на 2010 г.

Подписка на полугодие включает в себя шесть номеров журнала “Пожаровзрывобезопасность” и три номера журнала “Пожарная безопасность в строительстве”. Стоимость полугодовой подписки на комплект составляет 3790 руб. (в том числе НДС — 18 %).

Годовая подписка включает в себя двенадцать номеров журнала “Пожаровзрывобезопасность” и шесть номеров журнала “Пожарная безопасность в строительстве”. Стоимость годовой подписки на комплект составляет 7580 руб. (в том числе НДС — 18 %).



ПЕРСОНАЛЬНАЯ ПОДПИСКА

на журнал

пожаровзрыво-
БЕЗОПАСНОСТЬ

КУПОН '2010

Издание	Цена подписки, руб., включая НДС	Количество экземпляров	Стоимость подписки, руб.
Комплект журналов “Пожаровзрывобезопасность” и “Пожарная безопасность в строительстве”: полугодие год	3790 7580		
Журнал “Пожарная безопасность в строительстве”: полугодие год	1140 2280		

- 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) 445-42-34 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: 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 12, стр. 7
ИНН 7722589941 КПП 772201001
Р/с 40702810060120585901 в ОАО “ПРОМСВЯЗЬБАНК” г. Москва
БИК 0445583119
К/с 30101810600000000119
Генеральный директор — *Корольченко Александр Яковлевич*

**По вопросам подписки просьба обращаться по телефонам
(495) 228-09-03, 445-42-34**

ПОДПИСКА:

через редакцию журнала “Пожаровзрывобезопасность”;
через агентство “РОСПЕЧАТЬ”, индекс 83340;
через агентство “АПР”, индекс 83647
(в любом почтовом отделении в каталоге “Газеты и журналы”);
через подписные агентства:
ООО “Интер-почта”, ООО “Урал-Пресс ХХ1”,
ООО “Артос-ГАЛ”, ООО “Информнаука”, ЗАО “МК-ПЕРИОДИКА”

Вы можете также отдельно подписаться на журнал “Пожарная безопасность в строительстве”.

Стоимость полугодовой подписки (три номера) составляет 1140 руб. (в том числе НДС — 18 %). Стоимость годовой подписки (шесть номеров) составляет 2280 руб. (в том числе НДС — 18 %).

Расширяя тематику журнала, в 2010 г. редакция планирует увеличить количество обзоров, посвященных состоянию отечественного рынка средств обеспечения пожарной безопасности. В журнале также будут опубликованы тексты основных нормативных документов в сфере пожарной безопасности и комментарии ведущих специалистов к ним, даны необходимые пояснения.

Редакция с благодарностью примет все замечания и пожелания по тематике журнала и содержанию публикуемого материала. Надеемся на длительное и плодотворное сотрудничество!



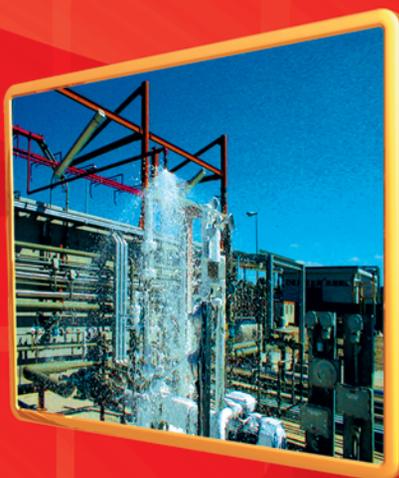
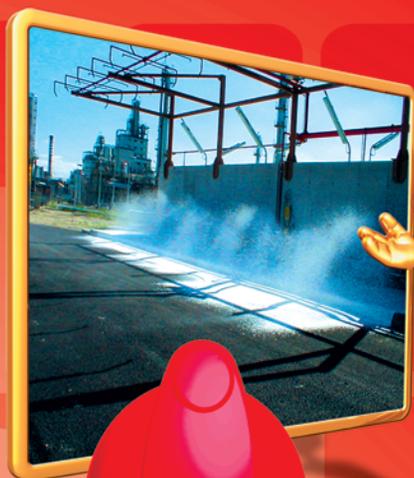
Карточка учета сведений о подписчике

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	

ПЕНООБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Шторм-М 3/6

**высокоэффективный
пленкообразующий
синтетический
фторсодержащий
пенообразователь
типа АFFF 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.

