

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ

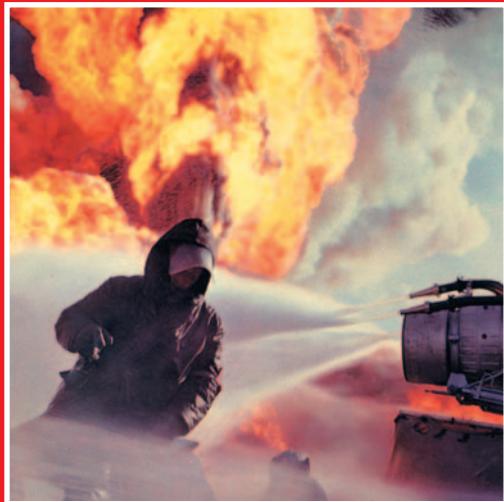
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

6'2005

**Научно-практическая конференция
в МГСУ: "Городской строительный
комплекс и безопасность
жизнеобеспечения граждан"**

**Реестр аккредитованных органов
по сертификации в области пожарной
безопасности**

**Поведение персонала
торговых комплексов при пожаре**



**Ликвидация аварий при истечении
нефти и нефтепродуктов в водоемы**

**Современные автономные установки
пожаротушения**

**Зарубежный опыт:
противопожарное нормирование
в Италии**

Уважаемые коллеги!

Позвольте от коллектива редакции журнала поздравить Вас с новым 2006-м годом!

Уходящий год был для всех нас серьезным испытанием. Многочисленные природные катаклизмы, техногенные аварии и катастрофы заставили серьезно задуматься над методами и средствами их предотвращения и борьбы с их последствиями. В течение года в сфере пожарной безопасности появилось множество разработок, технологий, проведены уникальные научные исследования. Все это мы старались в наиболее полной и объективной форме отразить на страницах нашего журнала.

Надеемся, что опубликованные материалы заинтересовали Вас. Став постоянным подписчиком журнала, Вы сможете не только знакомиться с последними достижениями в области пожаровзрывобезопасности, но и принимать непосредственное участие в научных дискуссиях, выражать свою точку зрения по интересующим Вас вопросам.

Как известно, наступающий год по восточному календарю — год красной собаки. Так давайте же постараемся сделать так, чтобы он не стал годом «огненной собаки».

Хотим пожелать Вам плодотворной деятельности, успешного продвижения как на российском, так и международном рынке пожарной безопасности и научного роста.

Успехов Вам в Новом Году!

Главный редактор журнала
«Пожаровзрывобезопасность»
Александр Яковлевич Корольченко



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

Редакционный совет:

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

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 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

к.т.н., доцент, член-корреспондент МАНЭБ
Н. А. Тычинко

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

Зам. главного редактора
к.т.н. Е. Г. Копейко

Начальник отдела рекламы С. Н. Бахлычева

Зам. начальника отдела рекламы О. И. Нестерова

Начальник отдела распространения Е. А. Королёва

Менеджеры отдела распространения
М. Н. Комова, А. В. Лаптенок

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

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, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, the Honoured Scientist of the Russian Federation N. N. Brushlinsky

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

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

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

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

Dr.Sc.(Eng.), Professor 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. Topolsky

Cand.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

Deputy Editor-in-Chief

Cand.Sc.(Eng.) E.G. Kopeyko

Head of PR Section S. N. Bahlycheva

Vice-Head of PR Section O. I. Nesterova

Head of Subscription Section E. A. Korolyova

Managers of Subscription Section

M. N. Komova, A. V. Laptenok

Учредитель — ООО “НТЦ Пожнаука”**Адрес редакции:**

109052, г. Москва, Смирновская ул., 1-А

Тел.: (095) 918-03-60 Тел./факс: (095) 918-03-11

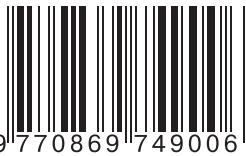
E-mail: fire-sci@mail.ru, firescience@pisem.net

Editorial Office Address:

Smirnovskaya St., 1-A, Moscow, 109052 Russia

Phone: (095) 918-03-60 Phone/Fax: (095) 918-03-11

ISSN 0869-7493



9 770869 749006

Подписано в печать 14.12.05.

Формат 60×84 1/8. Тираж 5000 экз.

Бумага офсетная №1. Печать офсетная.

Отпечатано в полиграфической фирме “Нью-Информ”

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ

ТОМ 14 • №6 • 2005 FIRE & EXPLOSION SAFETY

Научно-технический журнал
ООО "НТЦ Пожнаука"

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

СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ, КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ

ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ

Воспламенение конденсированного вещества частицей в условиях неидеального теплового контакта
Кузнецов Г. В., Таратушкина Г. В.

ОГНЕЗАЩИТА

Результаты исследований и перспективы использования вспучивающегося покрытия СГК-2 для защиты от пожаров конструкций и оборудования различного назначения

Назаренко В. А., Гаращенко А. Н.

Математическое моделирование нестационарного прогрева насыщенного водой огнезащитного экрана на этапе сушки
Страхов В. Л., Заикин С. В.

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ОБЪЕКТОВ

Проблема категорирования помещений при обращении в них перегретых теплоносителей

Пузач С. В., Базилевич А. Я., Карпенко Д. Г., Смагин А. В.

Образование взрывоопасных объемов при аварийном поступлении пропан-бутановых смесей в помещение
Васюков Г. В., Корольченко А. Я., Рубцов В. В.

Ликвидация аварий при истечении нефти и нефтепродуктов в водоемы
Артемьев Н. С., Подгрушный А. В.

CONTENTS

NEWS, CONFERENCES, EXHIBITIONS

COMBUSTION PROCESSES

16 Inflammation of Condensed Substance by Particle in Non-Ideal Thermal Contact Conditions
Kusnetsov G. V., Taratushkina G. V.

FIRE RETARDANCE

21 Results of Investigations and Perspectives of SGK-2 Expanding Covering Application for Constructions and Different Kind of Equipment Fire Protection
Nazarenko V. A., Garashchenko A. N.

26 Mathematical Modeling of Non-Stationary Heating of Water Saturated Fire-Protective Screen on the Stage of Drying
Strakhov V. L., Zaikin S. V.

FIRE SAFETY OF BUILDINGS, STRUCTURES, OBJECTS

33 Problem of Premises Categorization by Circulation of Overheated Thermofors There
Puzach S. V., Bazilevich A. Ya., Karpenko D. G., Smagin A. V.

39 Formation of High Explosive Volumes During Emergency Entry of Propane-Butane Mixtures Into the Premises
Vasyukov G. V., Korolchenko A. Ya., Rubtsov V. V.

43 Liquidation of Accidents of Oil and Oil Products Flowing Into Basins
Artemev N. S., Podgrushnyi A. V.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ

Поведение персонала торговых комплексов при пожаре.
Часть III. Анализ системы подготовки персонала к действиям при пожаре и рекомендации по ее совершенствованию
Шильдс Д., Бойс К. Е., Холщевников В. В., Самошин Д. А.

48

FIRE SAFETY OF PEOPLE

Behavior of the Supermarket Personnel at Fire. Part III. The Analysis of Training System of Personnel Actions at Fire and System Improvement Recommendations
Shields J. T., Boys K. E., Kholshevnikov V. V., Samoshin D. A.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЖАРОВ

Основы аналитического метода расчета развития пожара в здании при работе противодымной вентиляции
Овсянников М. Ю.

57

FIRE MODELING

Basis of Analytical Calculation Method of Fire Development at Building While Working of Smoke Ventilation
Ovsyannikov M. Yu.

ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

Современные автономные установки пожаротушения
Думилин А. И.

64

FIRE AUTOMATIC

Modern Private Fire-Suppression Systems
Dumilin A. I.

ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ

Пенообразующие составы для тушения, изоляции и дегазации проливов экологически опасных веществ
Андреев А. П., Герасимова И. Н.

67

FIRE EXTINGUISHING

Foam Compounds for Extinguishing, Isolation and Degassing of Ecologically Hazardous Substances
Andreyev A. P., Gerasimova I. N.

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ, КАДРЫ

Об опыте противопожарного нормирования на примере Декрета о пожарной безопасности Италии
Собурь С. В., Собурь О. С.

71

ECONOMY, MANAGEMENT, PERSONNEL

On the Experience of Fire Safety Standardization on the Decree of Italy Example
Sobur S. V., Sobur O. S.

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ. СПРАВОЧНИК

76

FIRE-AND-EXPLOSION SAFETY. REFERENCE BOOK

Перепечатка материалов только по согласованию с редакцией.

Авторы несут ответственность за содержание представленных в редакцию материалов и публикацию их в открытой печати.

No part of this publication may be reproduced without the prior permission of the copyright holder.

Authors are responsible for represented to editorship papers and their publication in public press.

Новости, конференции, выставки

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ОСЕНЬ 2005 ГОДА



Осень 2005 г. оказалась урожайной на выставки различного уровня, на которых были представлены новейшие отечественные и зарубежные разработки в области пожарно-технической индустрии. Только в сентябре–октябре на ВВЦ в г. Москве прошли четыре выставки, в которых приняли участия сотни крупных компаний и промышленных предприятий.

“Пожарная безопасность XXI века”

Открыла сезон 4-я Международная специализированная выставка “Пожарная безопасность XXI века”, которая прошла 27–30 сентября 2005 г. на территории ВВЦ. Она имеет статус основной в России выставки по пожарной безопасности и проводится при поддержке правительственные органов: Администрации Президента, Госдумы, МЧС, МВД, Минобороны, Минтранса, а также г. Москвы и Московской области. В числе участников — 250 фирм России и других стран, только за четыре дня кроме специалистов ее посетили более 10 000 человек. Полный отчет об экспозиции форума “Пожарная безопасность XXI века” опубликован в приложении к журналу “Пожаровзрывобезопасность” (см. “Пожарная безопасность в строительстве”, октябрь 2005 г., с. 10–14), поэтому здесь мы подробно расскажем о других, не менее интересных выставочных мероприятиях.

PROST–2005

II Специализированная выставка профессиональной техники для обеспечения безопасности (PROST–2005) проходила 18 – 21 октября в рамках IX Международного форума “Интерполитех–2005” на территории ВВЦ в г. Москве. В ней приняли участие специализированные предприятия, занимающиеся разработками в области пожарной безопас-

ности, а также фирмы, для которых решение проблем пожарной безопасности является актуальным. В числе организаторов выставки “Интерполитех–2005” МВД РФ, МИД РФ, Минпромэнергетики РФ, Минэкономразвития РФ, ФСБ, ФТС, ФСВТС, ФСТЭК, Правительство г. Москвы и Московской области. Открывал выставку министр внутренних дел Р. Г. Нургалиев.

Несмотря на то, что буквально двумя неделями раньше прошла более крупная выставка “Пожарная безопасность XXI века”, оборудование и технологии, демонстрируемые известными в нашей стране производителями, вызвали большой интерес специалистов и посетителей, большинство из которых пришли на выставку с целью заключить контракты и обновить деловые контакты. Большинство участников — московские предприятия, но ряд экспонентов демонстрировали и представители регионов.

На выставке объемно была представлена разнообразная аппаратура контроля и обнаружения пожаров и задымленности. Фирма “Национальная компания “Хэлп Групп” продемонстрировала новое поколение адресно-аналоговой системы противопожарной автоматики FP2000. Ее главное назначение заключается в предотвращении и автоматическом тушении пожара, а также предупреждении служб безопасности и правоохранительных органов о его возникновении. Особое внимание удалено предотвращению ложных срабатываний. Возможность системы FP2000 управлять установками



“Промышленная безопасность и охрана труда—2005”

При поддержке Минпромэнерго России 25–28 октября в рамках IV Московской международной промышленной ярмарки МИФ–2005 на ВВЦ прошла выставка “Промышленная безопасность и охрана труда”. Организаторами выставки выступили Минпромэнергетики РФ, ФАТРМ, ФАП, ФСЭТАН и Российской академия наук. Этот крупный форум включал ряд мероприятий, и выставка “Промышленная безопасность и охрана труда” являлась его составной частью. Среди участников были известные компании различного профиля, в том числе представляющие на отечественном рынке разработки зарубежных фирм.

Весь комплекс работ по пожарной безопасности, включая сдачу объекта службам Госпожарнадзора, выполняет компания ООО “Научный инновационный центр строительства и пожарной безопасности” (НИЦ СиПБ). В числе ее заказчиков ряд крупных предприятий, торговых комплексов, музеев, гостиниц, заводов и даже Государственная Дума. Объекты, на которых фирма внедрила свои разработки, расположены не только в России, но и в других странах, включая Финляндию и Казахстан. В качестве основных задач центр ставит перед собой разработку эффективных огнезащитных составов и развитие новых технологий в области пожарной безопасности. Кстати, его деятельность началась именно с огнезащитных составов еще в 1994 г. Важная составляющая деятельности НИЦ СиПБ — это пропаганда противопожарной безопасности, причем подчас в весьма нетрадиционных формах. В частности, фирма организовала производство сувениров с пожарной символикой — от мягких игрушек и гжельской посуды до хрусталия, декорированного ручной гравировкой, и масштабных моделей пожарных машин.

Новосибирская фирма ПК “Сибирский проект” представила на выставке две новинки: модули порошкового пожаротушения во взрывозащищенном исполнении МПП(р)-5 “Ураган-5 Взр” с корпусом в виде уплощенного шара и МПП(р)-3 “Ураган-3 Взр” с цилиндрическим корпусом. Модули могут применяться в каналах и тоннелях сложной конфигурации, гаражах, автостоянках, складах, магазинах, этот перечень можно продолжать, учитывая, что модули могут быть смонтированы индивидуально или в комплекте.

В списке продукции нижегородской фирмы ООО “Технос-М+” модули газового пожаротушения серии “Атака” — хладоновые МГП(60-А-32) с рабочим давлением 60 кг/см² и углекислотные МГП(150-А-15) с рабочим давлением 150 кг/см², а также модули порошкового пожаротушения серии

пожаротушения подтверждена испытаниями. Эксплуатационные параметры этой системы позволили оптимизировать ее надежность, дизайн и стоимость.

Широкий спектр услуг, включая разработку концепции, проектирование, поставку и монтаж систем пожаротушения и охранно-пожарной сигнализации и сервисное обслуживание, предлагает предприятие “Группа компаний “Интегрированная безопасность”.

Оборудование и системы для наблюдений и контроля при бедствиях, катастрофах и пожарах — сфера деятельности воронежской компании “Мегалюкс”. Радиоканальная система передачи извещений “Дельта” применяется в системах охранно-пожарного мониторинга. Важно отметить, что система сертифицирована как по линии Ростеста, так и МЧС и МВД России.

ОАО “НИИ Стали” представило свои разработки в области огнезащиты топливных емкостей, трубопроводов и взрывоопасных объектов.

Специальные комплекты одежды для боевых расчетов пожарных и огнестойкую одежду для газовиков и нефтяников уже 15 лет изготавливает пермская компания “Кираса”. Компания хорошо известна на рынке, в ее номенклатуре присутствует целый комплекс индивидуальных и иных средств защиты и спасения. Для защиты людей, находящихся в состоянии стресса в послеаварийный период, от перегрева и переохлаждения фирма ЗАО “Виба” выпускает спасательное термозащитное двустороннее покрывало. Легкое и удобное, оно может применяться в любых экстремальных ситуациях.

Старейшая подмосковная компания “Королевская шелковая фабрика “Передовая текстильщица” (существует с 1875 г.) демонстрировала на выставке технические ткани специального назначения из различных видов волокон, в том числе для боевой одежды пожарных. С 2003 г. фабрика работает в соответствии с международным стандартом ISO 9001.

“Луч” МПП-5 и МПП-10 емкостью 5 и 10 л соответственно.

Стационарные детекторы горючих и токсичных газов и кислорода предлагает фирма НТЦ “Ольдам”, являющаяся представителем известной французской компании “Oldam”. Сейчас фирма развернула свою сервисную сеть в регионах России.

ТД “Каланча” продемонстрировала широкий спектр противопожарного и аварийно-спасательного оборудования, средств охранно-пожарной сигнализации и индивидуальной защиты. В газопорошковом модуле объемного пожаротушения BiZone применяются огнетушащие мелкодисперсные порошки “Феникс АВС”. Этот модуль является лауреатом национальной отраслевой премии по безопасности “Зубр-2004”. У BiZone обширная область применения: производственные и торговые помещения, склады, гаражи, электростанции. Лауреатом премии “Зубр-2005” является серия пожарных мотопомп “Гейзер”, выполненных целиком из отечественных комплектующих. Пожарные автоцистерны, пожарно-спасательные автомобили, насосы и мотопомпы, выпускаемые челябинским предприятием ООО “Урало-сибирская пожарно-техническая компания”, не требуют особого представления, они уже востребованы.

Фирма “НПП “Барьер-С” специализируется на широком спектре спасательных устройств, применяемых на зданиях в случае пожара или другой аварийной ситуации. В перечень фирменного оборудования входит спасательный рукав с нагрузкой разрыва не менее 500 кг, который может быть установлен внутри или снаружи сооружений практически любой высоты. Безопасный спуск обеспечивается за счет обжатия человека рукавом. Натяжное спасательное полотно размером 3,5×3,5 м в состоянии обезопасить человека, прыгающего с высоты до 10 м.

Компания “ЭлеСи” предлагает системы автоматического пожаротушения, предназначенные для управления исполнительными устройствами по заданным алгоритмам на основании сигналов, полученных от датчиков. Фирменные автоматические системы пожаротушения выполняются в напольных вариантах и управляют пенным, водяным, газовым, порошковым и аэрозольным установками. Единственную в настоящее время в России систему охранно-пожарной сигнализации с передачей информации по любым каналам связи демонстрировала фирма НПК “Союзспецавтоматика”. К этой системе возможно подключение до 200 объектов.

Компания ООО “Трансформер” выпускает огнезащитные составы “Вудпротект-Д-био”, огнебиозащитные “Негорин-МС”, “Негорин-Про” и “Негорин-люкс”, а также огнезащитный лак “Негорин-Лак-1”. Все они предназначены для обработки дре-

НПО “Пожарная автоматика сервис”



РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ



приборы приемно-контрольные и управления
оповещатели

модули газового пожаротушения
пожарные извещатели
распределительные устройства

элементы трубной разводки
насадки

www.pro-pas.com, e-mail:pro-pas@pro-pas.com
Россия, 109129, г. Москва, ул. 8-я Текстильщиков, д.18, корп. 3
тел.: (095) 179-84-44, 179-02-89, 179-03-05, факс: (095) 179-67-61

весины в жилищно-гражданском строительстве при выполнении внутренних или наружных работ. ООО “Химтех-холдинг” представляет на отечественном рынке пламязамедляющие добавки испанской фирмы “Budenheim”, свободные от галогенов. Номенклатура включает полифосфаты аммония, производные меламина и системы, полученные из меламина методом наращивания кристаллов. Добавки применяют в производстве термопластиков и текстиля, для пропитки древесины и бумаги.

Компания ООО ПФ “Кадотекс-2000” занимается разработкой и производством ткани из 100%-ных армидных волокон и в нашей стране представляет продукцию фирмы “Kermel”. Термостойкие, устойчивые к химическим и механическим воздействиям ткани предназначены для одежды боевых расчетов пожарных с высокой степенью защиты.

Ассоциация “Восток-Сервис”, объединяющая предприятия текстильной и легкой промышленности, — крупнейший поставщик средств индивидуальной защиты и спецодежды. Комплект боевой одежды пожарного, включающий куртку с полу комбинезоном, термостойкие защитные краги, термостойкие сапоги, шлемы ШПМ, Ф1С или Ф1СФ, спасательный пояс ППС, отвечает всем современным требованиям.



Международная специализированная выставка “Весь нефтегазовый комплекс” (AllGO-Expo)

На Международной специализированной выставке AllGO-Expo “Весь нефтегазовый комплекс”, которая прошла 26–29 октября на ВВЦ в г. Москве, экспозиция была посвящена различным аспектам добычи и транспортировки нефти и газа. Целый раздел по средствам пожаротушения объектов и ликвидации аварийных разливов нефти составили многочисленные компании. Они представили свои разработки в ряде областей:

- технологии и средства предупреждения и ликвидации пожаров на объектах нефтегазового комплекса;
- комплексные системы пожарообнаружения, контроля загазованности и пожаротушения;
- спецснаряжение пожарных и спасателей;
- оценка природных и техногенных рисков;
- нормативно-методическая база по предупреждению и тушению пожаров разливов нефти и нефтепродуктов.

Вся техника и спецсредства адаптированы к условиям добычи и транспортировки нефти и газа и безопасной эксплуатации установок. На производстве пожарной техники и средств пожаротушения компания ОАО “Ливенский завод противопожарного машиностроения” специализируется с 1922 г. В настоящее время завод выпускает насосы, лафетные стволы, огнетушители порошковые и углекислотные, а также пожарный прицеп ПЦ-2,5-40, который заменяет пожарный автомобиль аналогичного класса. Модули газового пожаротушения выпускает московская компания ЗАО “НПК Противопожарная автоматика”: углекислотные типа МСО и хладоновые МХЛ различной емкостью, вплоть до 100 л.

В номенклатуре московского предприятия ООО НПП “Сфера безопасности” — прибор приемно-

контрольный охранно-пожарный ППКОП “Сфера 2001”. Новый адресный приемно-контрольный прибор “Сфера 250” успешно прошел сертификационные испытания и его серийное производство планируется начать уже осенью 2005 г.

Целый набор устройств самоспасения фирмы “MSA Auer” для высотных зданий и гостиниц предлагает московское предприятие ЗАО “ТД Тракт”. Известно, что причиной трагических случаев на пожаре являются не пламя или высокая температура, а дым и токсичные газообразные продукты горения. Для защиты от них предназначены самоспасатели, компактные фильтры кратковременного действия (до 5 или 15 мин в зависимости от модели). Огнестойкие костюмы из огнезащитной ткани 3111-Proban в сочетании с тканью Termoshield-AL, которая экранирует тепловое излучение до 20 кВт/м², московская компания “Текстайл” предлагает в качестве одежды боевого расчета пожарных.

Екатеринбургский завод противопожарного оборудования “Спецавтотехника” выпускает пожарные автоцистерны емкостью от 2,5 до 13,0 м³ и пожарные ручные лестницы. Автомобили первой помощи представлены моделью АПП 0,5-5 на базе “Газели”. Автомобили АПП 0,8-4/400 среднего класса применяются как самостоятельная боевая единица или насосная установка, тушение осуществляется тонкодисперсной струей воды. Санкт-Петербургская компания “ВСВ” предлагает разнообразное пожарное и спасательное оборудование: от телескопических коленчатых подъемников Vema с люлькой грузоподъемностью 400 кг до пожарных насосов и термостойких костюмов пожарного, шлемов и перчаток.

Некоторые компании принимали участие во всех выставках осени 2005 г., ведь на каждой из них участники встречаются с новым кругом потребителей. Например, спасательное термозащитное двустороннее покрывало, уже известное нам по другим экспозициям, фирма ЗАО “Виба” предлагала и нефтяникам, и газовикам.

Этим кратким обзором новинок, представленных на осенних выставках, разумеется, не ограничивается весь спектр отечественного пожарно-спасательного оборудования, систем охранно-пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения. Вместе с тем осенние смотры ярко свидетельствуют: российская пожарно-техническая индустрия в полной мере восстановила утраченные после распада Союза позиции и ныне демонстрирует хорошую основу для будущего.

*Материал подготовлен
канд. техн. наук Е. Г. Копейко
Фото В. Александрова*

“ГОРОДСКОЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРАЖДАН”

9–10 ноября 2005 г. в Московском государственном строительном университете прошла тематическая научно-практическая конференция “Городской строительный комплекс и безопасность жизнеобеспечения граждан” под председательством академика РААСН, профессора, докт. экон. наук, первого заместителя Мэра Москвы, руководителя Комплекса архитектуры, строительства, развития и реконструкции г. Москвы *В. И. Ресина*.

Конференция состоялась в рамках научно-технического конгресса “Безопасность — основа устойчивого развития регионов и мегаполисов”, проведенного по инициативе Международного и Российского Союзов научных и инженерных объединений. Цель конгресса — выработка согласованных подходов, консолидирующих научно-техническую общественность на решение первоочередных задач, связанных с обеспечением безопасности и технологическим развитием производства на современном этапе с учетом их особой значимости для крупных промышленных центров и городских агломераций.

Конференция организована Комплексом архитектуры, строительства, развития и реконструкции г. Москвы и МГСУ при поддержке Министерства образования и науки РФ, Министерства регионального развития РФ, Федерального агентства по образованию РФ, Министерства чрезвычайных ситуаций РФ, Российской академии архитектуры и строительных наук, Российской инженерной академии, Министерства строительного комплекса Московской области, а также Академии проблем безопасности, обороны и правопорядка РФ.

В конференции принимали участие представители Международной и Российской инженерных академий, Академии проблем безопасности, обороны и правопорядка РФ, Министерства регионального развития РФ, Московского комитета по науке и технологиям (МКНТ), МГСУ, ОАО “ЦНИИЭП жилища”, МАРХИ, РНЦ “Курчатовский институт”, МГТУ им Н. Э. Баумана, ООО “Фирма Г.Ф.К.”, НИИОСП им. Н. М. Герсанова, МГУ им. М. В. Ломоносова, ЗАО “Теплоогнезащита”, АНО “ОПБ”, Академии ГПС МЧС России, Московской экологической федерации, МЭИ, Тверского ГТУ, ООО “Гипроречтранс”, компании “Венто”, института биохимической физики РАН, ТПО “Резерв”, “ГЕОТЕХВИМС” и др., а также специальные корреспонденты тематических периодических изданий.

На открытии конференции ректор МГСУ, член-корреспондент РААСН *В. И. Теличенко* отметил, что проблемы инженерной безопасности в строительстве сегодня актуальны и приоритетны. Их решение — это не только серьезная научно-исследовательская и проектная проблема, но и задача подго-

товки высококвалифицированных специалистов. Основную цель предстоящей дискуссии участники обозначили как интеграцию научного сообщества для решения комплексной программы безопасности жизнедеятельности и жизнеобеспечения людей. “Проблема безопасности — краеугольный камень в политике всех без исключения современных государств. Основная задача заключается в ее обеспечении, то есть в своевременном выявлении определенных рисков и их предупреждении,” — заявил президент Международной и Российской инженерных академий *Б. В. Гусев*.

Пленарное заседание открыл директор департамента Министерства регионального развития *Ю. А. Перелыгин* докладом “О реформе системы технического регулирования в строительстве”. Он отметил, что существующая законодательная база по техническому регулированию в строительстве несовершенна, отчасти из-за сложного и трудоемкого процесса встраивания технических норм и регламентов, существовавших в СССР, в современную систему технического регулирования. В настоящее время проводятся конкурсы на разработку технических регламентов, для участия в которых приглашаются специалисты вузов, научно-исследовательских, подрядных и проектных организаций.

В своем выступлении академик *А. Я. Корольченко*, директор ИИБС, затронул проблемы безопасности зданий и сооружений в целом и особое внимание уделил проблемам пожарной безопасности. Академик *А. В. Мищуков*, руководитель НТЦ “Взрывоустойчивость”, остановился на мероприятиях по обеспечению взрывоустойчивости и взрывобезопасности промышленных, энергетических, транспортных и гражданских объектов.

Проблеме строительства уникальных сооружений со специфическими параметрами был посвящен доклад профессора *Ю. И. Кудинина*. Разработчики проектов зачастую испытывают затруднения при формировании требований к этим сооружениям, способов и критериев их обеспечения, так как они выходят за рамки стандартных нормативных документов, рассчитанных на серийную продукцию строительства. При разработке конструктивной формы уникального сооружения особое место занимает проблема живучести с целью обеспечения функциональных свойств сооружения при отказе его отдельных конструктивных элементов. В докладе академика АВН и Нью-Йоркской академии *З. Г. Тер-Мартirosяна* и профессора *А. Л. Крыжановского* затрагивались проблемы геомеханической безопасности сооружений повышенной ответственности. Интерес вызвал доклад профессора *Е. В. Щербины*, по-

священный проблемам обеспечения экологической безопасности при территориальном планировании.

Работа конференции проходила по пяти секциям:

1. Принципы технического регулирования и обеспечение инженерной, в том числе пожарной, безопасности зданий и сооружений, включая образовательные учреждения.

2. Инженерная безопасность строительных объектов повышенной инженерной сложности и технического риска.

3. Фундаментальные проблемы безопасности и защиты зданий и сооружений в условиях экстремальных воздействий и ситуаций.

4. Инженерная безопасность специальных и гидротехнических сооружений.

5. Технологическая безопасность инженерных систем зданий и сооружений.

Работа секций проходила в творческом режиме, участники рассмотрели большой круг проблем, связанных с анализом аварийных, в том числе пожарных, ситуаций и их предупреждением.

Секция “Принципы технического регулирования и обеспечение инженерной, в том числе пожарной, безопасности зданий и сооружений, включая образовательные учреждения”

Сопредседатели секции: профессор, докт. техн. наук А. Я. Корольченко, профессор, докт. техн. наук В. В. Холщевников, профессор, докт. техн. наук В. М. Ройтман. Участники секции заслушали и обсудили 15 докладов по актуальным вопросам обеспечения безопасности зданий, подготовленных сотрудниками ведущих научных учреждений.

Группа сотрудников МГСУ, РНЦ “Курчатовский институт” и МГТУ им. Н. Э. Баумана представила цикл докладов, в которых сформулированы основные положения нового научного направления — исследование результатов комбинированных аварийных воздействий на здания типа “удар – взрыв – пожар”. С использованием методологии, разработанной профессором В. М. Ройтманом, проанализированы этапы разрушения зданий Всемирного торгового центра в Нью-Йорке при атаке террористов 11 сентября 2002 г. Канд. техн. наук И. Е. Лукашевич изложил программную систему для анализа опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в городском окружении на основе технологии “виртуальной реальности”.

В докладе докт. физ.-мат. наук В. А. Горева и канд. техн. наук А. И. Плотникова (МГСУ) предложена методика оценки устойчивости зданий при внешних аварийных взрывах, позволяющая прогнозировать вероятность разрушения и повреждения сооружений при воздействии на них ударных волн, генерируемых дефлаграционными взрывами различной мощности, а также разрабатывать способы взрывозащиты зданий, расположенных на территории потенциально опасных промышленных объектов.

Ряд докладов был посвящен методам обеспечения пожарной безопасности зданий, а также находящихся в них людей при возникновении пожара.

Аспирант МГСУ Ми Зуй Тхань изложил результаты исследования температурного режима пожара в современных жилых зданиях с учетом их конструктивных особенностей и величины пожарной нагрузки. Одним из практических выводов этой работы является возможность ограничения площади пожара пределами одной квартиры за счет обеспечения необходимой огнестойкости ограждающих конструкций: наружных и межквартирных стен, межэтажных перекрытий и входных дверей.

В докладах канд. техн. наук В. Ю. Процкого (ГПС г. Москвы), канд. техн. наук В. Н. Постнова (ЗАО “Фортост-Конверсия”), доцента А. А. Стукалова (МГСУ) и А. Ю. Маликова (АО “Венто”) проанализированы современные средства спасения людей при пожарах в зданиях. Отмечено, что применение самоспасателей позволяет увеличить время самостоятельной эвакуации, а использование технических средств спасения обеспечивает сохранение жизни и здоровья людей при невозможности самостоятельной эвакуации.

Профессор В. В. Холщевников (МГСУ) сформулировал проблемы беспрепятственной эвакуации людей из высотных зданий и наметил пути их решения. В докладе, совместном с канд. техн. наук Д. А. Самошиным (Академия ГПС МЧС РФ), изложены результаты исследования причин массовой гибели людей в зданиях торгового назначения и предложены рекомендации по их предотвращению.

Значительное внимание участники секции уделили вопросам огнезащиты строительных конструкций. В совместном докладе, представленном специалистами Института биохимической физики РАН и Академии ГПС МЧС РФ, изложены результаты разработки огнезащитных составов на основе возобновляемого растительного сырья. Данные огнезащитные композиции оказались чрезвычайно эффективными для защиты деревянных конструкций. Еще одна область их практического применения — повышение пределов огнестойкости металлических конструкций. В обзорном докладе доцента Т. Г. Бельцовой (МГСУ) проанализировано современное состояние рынка средств огнезащиты древесины.

Доклады Г. В. Васюкова (Академия ГПС МЧС РФ) и доцента Д. В. Трушкина (МГСУ) посвящены решению вопросов обеспечения пожарной безопасности конкретных объектов: предприятий по хранению, ремонту и техническому обслуживанию автомобилей на сжиженном газе, а также безопасности путей эвакуации в зданиях различного назначения.

В заключительном выступлении председатель секции профессор А. Я. Корольченко отметил актуальность обсуждаемых проблем и высокий научный уровень подготовленных докладов.

*Материал подготовлен
канд. техн. наук Е. Г. Конейко*

УСПЕХИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ

Продолжаем публикацию краткого содержания докладов, представленных на 2-й Международной конференции "Fire Bridge", посвященной проблемам теории горения и взрывов, которая прошла 9–11 мая 2005 г. в г. Белфасте, Северная Ирландия. (Начало см. "Пожаровзрывобезопасность", 2005, № 5, с. 11–13.)

Моделирование явления “обратная тяга” с помощью метода крупных вихрей (Large Eddy Simulation of the Backdraft Phenomena)

Ферраис С. А., Вен Д. Х.¹, Дембеле С.
(Ferraris S. A., Wen J. X., Dembele S.)

¹ School of Engineering, Kingston University, UK

Быстрая дефлаграция, или “обратная тяга”, происходит при поступлении свежего воздуха в помещение с высокой температурой и горючей нагрузкой, готовой к воспламенению. Холодный воздух образует поток, который перемещается под действием сил гравитации в нижней части помещения по направлению к его противоположному концу. Если источник зажигания имеет параметры, способные воспламенить смесь, может произойти ее мгновенное воспламенение.

В данной статье описано использование SGS модели для частично смешанной среды в целях моделирования “обратной тяги”. Модель горения основана на двух независимых подходах к смешанному и несмешанному горению, для разделения которых была использована концепция “индекс пламени”. Индекс характеризует структуру пламени в зависимости от вида горючего материала и градиента кислорода. Такой подход позволяет гибко использовать наиболее подходящие модели для каждого режима. В рассматриваемом случае модель ламинарных пламен для изучения методом крупных вихрей была применена для неперемешанных и химически перемешанных смесей.

Результаты показывают, что использование “индекса пламени” при трехмерном моделировании может привести к удовлетворительным результатам по точности. В связи с отсутствием деталей эксперимента было проведено только качественное сравнение результатов. Моделирование позволило определить ранее неизвестные характеристики явления. Было установлено количественно, что предсказанный и измеренный временные интервалы между пиками недостаточного и повышенного давлений в проеме согласуются между собой.

Исследование случайного возгорания: результаты и перспективы (Accidental Combustion Research: Recent Advances and Future Direction)

Хиряно Т. (Hirano T.)

Chiba Institute of Science, Japan

Представлен обзор исследований процесса горения для обеспечения безопасности при пожарах и взрывах. В настоящее время большое внимание уделяется проблеме уменьшения потерь вследствие чрезвычайной ситуации, связанной с горением. Результаты большинства исследований могут быть полезны при указанной чрезвычайной ситуации, однако не просто отделить изучение пожаров и взрывов от других исследований в области горения. Такая классификация является целью работы. В настоящее время определены следующие направления исследований: воспламенение, распространение пламени, массовая скорость выгорания, пожары в закрытых помещениях, детонация, взрывы газов в вентилируемых помещениях, взрывы в загазованных помещениях, вызванные газификацией конденсированной фазы горючих веществ. Представлен краткий обзор и наиболее значимые результаты исследований по каждой теме, а также указаны проблемы, наиболее актуальные для дальнейшей разработки. Экспериментальные и теоретические исследования, в том числе собственно методика их проведения, кажутся, в общем, грубыми и примитивными по сравнению с другими методами в области горения. Однако эти исследования позволили получить новые данные, которые продвинули науку вперед. При этом были изучены ключевые вопросы, открывшие новые направления исследования в области горения. Успехи и будущее изучения процесса горения зависят от последовательности исследования и использования научного подхода в целях получения достоверного объяснения данного явления.

Численное исследование формирования детонации в “горячем пятне”

для смесей, содержащих водород

(Numerical Studies of Detonation Formation in the Hot Spots
for Hydrogen-Containing Mixtures)

Кириллов И. А.¹, Мечик С. А.¹, Панасенко А. В.², Заев И. А.³, Рокаертс Д.⁴
(Kirillov I. A., Mechik C. A., Panasenko A. V., Zaev I. A., Roeckaerts D.)

¹ Hydrogen Energy and Plasma Technologies Institute, Russian Research Centre Kurchatov Institute, Russia;

² Department of Aerodynamics, Central Research Institute of Machine Building, Russia;

³ Department of Molecular and Biological Physics, Moscow Institute of Physics and Technology, Russia;

⁴ Department of Multi-Scale Physics, Delft University of Technology, Netherlands

Представлен краткий обзор результатов параметрического численного моделирования эволюции одномерной поверхности “горячее пятно” в свете разработки стандартов по водородной безопасности. Процесс возникновения детонации был систематически исследован для стехиометрических смесей водорода и воздуха с использованием детальной кинетической схемы Маринова. Изменяемыми были следующие параметры: температура “горячего пятна” T_{\max} и его размер L . Граница между детонационным и недетонационным режимами была рассчитана для нормальных условий воспламенения ($P = 1$ атм, $T_{\max} = 293$ К). Подход Зельдовича к классификации режимов горения был применен для определения пространственно-температурной зоны “газодинамическо-кинетической когерентности” внутри “горячего пятна”. Анализ границ когерентной зоны позволяет получить данные для определения границ формирования детонационных (недетонационных) зон с целью получения критерия образования детонации в рамках концепции “горячее пятно”.

Пересмотр задачи о тепловой колонке разлитого горючего (The Spill Plume Revisited)

Кумар С.¹, Томас П. Н.², Кокс Дж.³
(Kumar S., Thomas P. H., Cox G.)

¹ BRE, Garston, UK;

² 36 Crescent Gardens, UK;

³ 48 Wheathampstead Road, Harpenden, UK

Рассмотрены результаты исследований в области разработки упрощенного расчета захвата воздуха конвективной колонкой, которая распространяется в пространство атриума через балкон. Представлен новый аналитический подход к решению проблемы с учетом движущей силы слоев без применения аппроксимации Буссинеска. Расчет соответствует физической теории струй.

Основное внимание удалено сравнению траектории струи, вычисленной с использованием методов гидродинамики с помощью модели JASMINE.

Самовоспламенение водороудуглеродокислородных смесей

при давлении до 30 бар

(Self-Ignition of Hydrocarbon-Oxidiser Mixtures
at Pressures up to 30 Bar)

Лейбнер Ч.¹, Пекальский А. А.², Пасман Н. Д.³
(Liebner Ch., Pekalski A. A., Pasman H. J.)

¹ BAM, Germany;

² Shell Global Solutions, UK;

³ Delft University of Technology, Multi-Scale Physics, NL

Представлены первые результаты проекта SAFEKINEX, связанного с исследованием явления самовоспламенения смесей C₁–C₄ в воздухе при стандартном и повышенном давлениях. Изучено влияние оборудования и методики проведения измерений на комплексные явления воспламенения при низкой и средней температурах окисления, такие как медленное горение, холодное пламя, отрицательный температурный коэффициент и задержка воспламенения. В связи с наличием отрицательного температурного коэффициента в определенном диапазоне температур общая скорость реакции уменьшается, при этом увеличивается температура реакции. Это усложняет исследование явления. Было установлено, что при проведении тестов в открытой термоемкости, рекомендуемой действующими стандартами, недооценивается опасность само воспламенения.

**Численное моделирование пожаротушения распыленной водой
(Numerical Simulation of Fire Suppression by Water Sprays)**

Люо К. Х. (Luo K. H.)

School of Engineering Sciences, University of Southampton, UK

Пожаротушение распыленной водой является старым, но по-прежнему эффективным методом тушения, несмотря на то, что его механизм исследован неполностью. Основными принципами тушения являются охлаждение, вытеснение кислорода, уменьшение передачи тепла излучением и т.п., хотя их влияние варьируется от случая к случаю. Такие факторы, как интенсивность подачи воды, размер капель, форма и размещение спринклеров, масштаб и мощность пожара, свойства и количество горючей нагрузки, воздухообмен влияют на эффективность системы водного пожаротушения. Накопленные к настоящему времени данные, относящиеся к тушению сложного пожара распыленной водой, являются слишком ограниченными для разработки оптимального проекта системы пожаротушения. В то время как эксперименты выступают эффективным инструментом исследования основных закономерностей, численное моделирование представляет собой действенный способ снижения затрат на проектирование в будущем. Однако численное моделирование взаимодействия пожара и распыленной воды является крайне перспективным, так как это многофакторное и комплексное физическое явление. Используются две основные математические зависимости: Эйлер–Эйлер и Эйлер–Лагранж, каждая из которых имеет определенные достоинства и недостатки. Что касается инструментов численного моделирования, то в настоящее время применяются прямое численное моделирование (DNS), моделирование методом крупных вихрей (LES), моделирование на основе зависимостей Рейнольдса и Навье–Стокса (RANS). В большинстве исследований была использована модель RANS, несмотря на ее известные недостатки. DNS также находит применение, но только для двухмерного моделирования в связи с высокой ресурсоемкостью расчетов. LES является приемлемым компромиссом между точностью и ресурсоемкостью расчетов, при этом ее возможности достаточно не исследованы. В данной статье представлен обзор и дискуссия на тему об основных перспективных направлениях математического, численного и физического моделирования взаимодействия распыленной воды и пожара. Даны примеры численного моделирования с их критической оценкой. Разработаны предложения по модели LES, которые будут реализованы при исследовании тушения пожара водой, в том числе тонкораспыленной, в условиях турбулентности.

**Использование методов гидродинамики для моделирования взрывов
(Computational Fluid Dynamics for Explosion Simulations)**

Матсуо А. (Matsuo A.)

Department of Mechanical Engineering, Japan

В статье рассмотрены три подхода к численному моделированию взрыва.

Первый — распространение взрывной волны, образованной в точке взрыва в двухэтажном пятикомнатном здании, что было реализовано численным моделированием с помощью уравнений Эйлера для трехмерного пространства. Для решения указанных уравнений были использованы схема TCD и структурированная решетка.

Второй — взрыв кислородно-водородной смеси стехиометрической концентрации в прямоугольном объеме. Метод моделирования с помощью крупных вихрей был применен для взрыва газа при постоянном значении скалярного G - и ξ -формул.

Третий — гидродинамический метод выравнивания параметров для моделирования динамики подводного взрыва рядом с железной стеной. В этой модели основное внимание уделялось взаимодействию взрывоопасного газа и воды.

Три указанных численных метода применимы для моделирования взрыва, продемонстрированы также возможности моделирования взрыва с помощью методов гидродинамики.

**Валидация модели LES при утечках водорода и взрывах
(Validation of the LES Model of Hydrogen Releases and Explosions)**

Мольков В. В., Макаров Д. В. (Molkov V. V., Makarov D. V.)

FireSERT Institute, University of Ulster, UK

Модель крупных вихрей (LES), созданная Ольстерским университетом, была проверена при утечках и взрывах водорода:

- 1) дефлаграция стехиометрической смеси в закрытом сосуде емкостью $2,3 \text{ м}^3$;

- 2) взрыв 20 м³ водородно-кислородного облака в атмосфере;
- 3) испарение пролива 5,11 м³ водорода в атмосфере;
- 4) минутная утечка и 250-минутная диффузия газообразного водорода в закрытом сосуде объемом 20 м³, высотой 5,5 м и диаметром 2,2 м.

Были рассмотрены время и размеры объекта, реагирующие и нереагирующие потоки. Модель LES обеспечивает достаточную сходимость с экспериментальными данными в широком диапазоне условий исследования. Модель горения LES позволяет рассчитать развивающийся фронт пламени, огибающий конструкцию, его распространение и динамику давления. С помощью данной модели можно предсказать перемешивание водорода без образования взрывоопасной смеси и состояние среды спустя 4 ч после утечки водорода, а также моделировать крупные вихри, полученные в ходе экспериментов NASA, связанные с распространением жидкого водорода на дистанции в сотни метров. Анализ разлива жидкого водорода привел к выводу о необходимости дальнейшего совершенствования модели с учетом конденсации воздуха в диапазоне температур 20–90 К.

Математическое моделирование взрывов газов в производственных зданиях (Mathematical Modelling of Gas Explosions in Congested Plant)

**Путтук Д. С., Чиновез С., Ричардсон С. А., Унгут А.
(Puttock J. S., Chynoweth S., Richardson S. A., Ungut A.)**

Shell Global Solutions, England

Горение газа при утечках на производстве может сопровождаться быстрым увеличением зоны горения и воздействием факела на окружающие конструкции. Часто это ведет к повышению давления в помещении даже при его больших объемах. Для анализа таких ситуаций были рассмотрены существующие модели, в том числе расчет динамики распространения газовоздушной смеси методами гидродинамики (CFD). При расчете взрыва газа методами гидродинамики должна учитываться подсеточная модель турбулентности, так как размеры частиц менее размеров сетки имеют значительное влияние. Также применялись более простые модели, использование которых оправдано, если в них учитываются основные физические аспекты явления.

Следует отметить, что подобные программы приемлемы для оценки возможных рисков. При использовании метода Монте-Карло требуется проведение большого количества испытаний; этого удается избегать, комбинируя CFD и более простые модели.

Общие основы оценки горючести с точки зрения возможности их измерения (A Comprehensive Basis for Flammability Assessment in Terms of Measurable Properties)

Квентир Дж. Г. (Quintiere J. G.)

Department of Fire Protection of Engineering, University of Maryland, USA

Представлен анализ теоретической литературы, в рамках которого рассмотрены факторы и характеристики, влияющие на распространение пожара: воспламенение, распространение пламени и горение. Процесс горения и его параметры являются функцией выделяемой лучистой энергии, измеряемой в ряде экспериментов. Ответы на многие вопросы в этой области можно найти при изучении теплоты сгорания и испарения, температуры источника зажигания и теплоемкости горючего. Энергия, необходимая для воспламенения, дальнейшего распространения пламени и горения, является постоянной величиной и приблизительно равна 20, 50 и 100 кВт/м² соответственно.

Современные направления исследований в области безопасного водорода в Японии (Topics of Recent Hydrogen Safety Research in Japan)

Сато К. (Sato Kenji)

Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Toho University, Japan

В Японии организация “Новая энергия и развитие промышленных технологий” (NEDO) с 1993 г. реализует долгосрочный проект, известный как WE-NET, целью которого является исследование безопасного использования водорода в качестве чистой энергии. Проект включает в себя изучение безопасности водорода, в частности рабочие группы занимаются проектированием средств защиты и созданием расчетных методов оценки опасности. В 2003 г. в рамках проекта было запущено несколько краткосрочных программ NEDO с целью развития технологии переработки водорода с помощью полимерно-электродной ячейки топлива. В рамках правительенной программы созданы 35 водородных цилиндров высокого давления, производство

которых было начато в 2001 г. и закончено в конце 2004 г. Эти проекты NEDO и проводимые реформы способствовали реализации исследований в области водородной безопасности на практике. Рассмотрены некоторые положения новых исследований безопасности водорода, непосредственно связанных с проектом NEDO.

Влияние ветра и помех на поведение пламени: численные исследования и экспериментальные наблюдений (Wind-Blown and Whirling Flames: Numerical Studies and Experimental Observations)

Снегирев А. Ю. (Snegirev A. Yu.)

Laboratory for Modelling and Reliability, Battery Company RIGEL, Russia

Серия численных исследований двух типов плавающего турбулентного диффузионного пламени с учетом влияния ветра при горении в открытой атмосфере и наличия помех в помещении была реализована с помощью методов RANS и LES. Проанализировано образование вихревых структур когерентного потока и самоорганизованное поведение пламени. Излучающая способность пламени предсказана инструментарием метода Монте-Карло. Проведено сравнение результатов моделирования с имеющимися экспериментальными данными.

Поведение строительных конструкций при пожаре и сопряженный теплоперенос (Structural Fire Engineering and Conjugate Heat Transfer)

Хосе Л. Тореро (Jose L. Torero)

*BRE/Edinburgh Centre for Fire Research,
School of Engineering and Electronics The University of Edinburgh, UK*

Разрушение башен Всемирного торгового центра США подчеркнуло важность понимания поведения строительных конструкций при пожаре. Подробный анализ пожара и поведения строительных конструкций обнажил многочисленные пробелы в данной области, а также неопределенности, которые считаются достаточно безопасными в инженерной методологии проектирования зданий. Детальное моделирование пожара может быть достигнуто методами вычислительной гидродинамики (CFD), поведение строительных конструкций — методом конечных элементов. Интеграция обоих методов предполагает адекватное воспроизведение граничных условий. В статье проанализировано состояние границы между газовой средой, образованной пожаром, и твердой фазой, представленной строительными конструкциями и защитными элементами. В качестве примера рассмотрено поведение высоких стальных рамных конструкций с помощью моделей пожара FDS и конечных элементов ABAQUS.

Водородные аварии в Японии (Hydrogen Accidents in Japan)

Тсуруда Т. (Tsuruda T.)

National Research Institute of Fire and Disaster, Japan

Исследован процесс выхода водорода из установки его охлаждения. Процедура выхода водорода была спланирована с целью предотвращения пожара при возникновении чрезвычайной ситуации. В рассматриваемом случае воспламенение выделявшегося с невысокой интенсивностью водорода произошло при регулярном техническом обслуживании. Разрушение при загорании наблюдалось в радиусе 5 м. Компания, руководящая промышленным предприятием, провела расследование причин возникновения пожара и соблюдения правил техники безопасности в целях обеспечения безопасности зданий с турбинами. Отмечено, что при использовании сжатого водорода в качестве топлива для транспорта должен быть изучен механизм воспламенения водорода при утечках.

Перевод канд. техн. наук Д. А. Самошина

Процессы горения

УДК 536.46

ВОСПЛАМЕНЕНИЕ КОНДЕНСИРОВАННОГО ВЕЩЕСТВА ЧАСТИЦЕЙ В УСЛОВИЯХ НЕИДЕАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО КОНТАКТА

Г. В. Кузнецов

Томский политехнический университет

Г. В. Таратушкина

НИИ прикладной математики и механики при ТГУ

Представлены результаты численного моделирования процесса зажигания конденсированного вещества одиночной нагретой до высоких температур частицей в условиях неидеального теплового контакта. Установлено, что время задержки воспламенения увеличивается по мере роста доли шероховатости между частицей и конденсированным веществом. Также при этом возрастают значения минимальных температур, при которых еще возможно зажигание.

Введение

При хранении взрывчатых веществ, порохов, твердых топлив, различных боеприпасов на армейских складах возможны случаи возникновения локальных очагов пожара по техногенным причинам (например, аварии в системе электроснабжения), в результате природных явлений (грозы) или халатности обслуживающего персонала. Дальнейшее развитие пожара по территории склада, арсенала или хранилища возможно различными путями. Одним из наиболее вероятных является распространение нагретых до высоких температур частиц — продуктов горения как металлов, так и неметаллических материалов, в результате растрескивания горящей древесины, диспергирования, микровзрывов или под действием ветра. При этом нагретая до высоких температур частица металла (или неметалла) может играть роль локального источника воспламенения порохов или твердых топлив, которые в общем случае принято называть конденсированными веществами (КВ).

Зажигание КВ одиночными нагретыми до высоких температур частицами рассматривалось (наряду с конвективным, радиационным, кондуктивным и другими источниками нагрева) в качестве одного из реальных механизмов зажигания достаточно давно [1]. Но только в работах [2, 3] были исследованы режимы зажигания КВ потоком газа с высокой концентрацией частиц, имеющие самостоятельные значения, а в публикациях [4, 5] выделены специфические режимы зажигания одиночной частицей. При этом всегда специально рассматривался вопрос об условиях контакта частиц с поверхностью КВ,

потому что из экспериментов [3] следовало, что состояние поверхности конденсированного вещества оказывает существенное влияние на характеристики зажигания (например, на время задержки воспламенения t_3).

При математическом моделировании зажигания КВ одиночной частицей [4, 5] принималось условие идеального контакта на границе “частица – КВ”. Из простых физических соображений ясно, что неидеальность контакта на этой границе должна приводить к изменению условий подвода тепла и, соответственно, величины удельного теплового потока в зону зажигания, а следовательно, и времени задержки воспламенения.

В общем случае неидеальность контакта может быть следствием шероховатости поверхности КВ или частицы, а также наличия на ней пленки материала с низкой теплопроводностью, играющего роль теплоизолятора. Но масштабы влияния шероховатости в любом случае существенно больше влияния изолятора из КВ, потому что на практике частицы чаще всего имеют форму неправильных многогранников. При осаждении таких многогранников на поверхность КВ всегда образуются газовые зазоры различной конфигурации, которые и “изолируют” частицу от вещества.

В данной работе рассматривается задача, в которой неидеальность контакта интерпретируется шероховатостью частицы, моделируемой, в свою очередь, газовым зазором определенных размеров. Цель — численное исследование влияния неидеальности контакта частицы с КВ на характеристики зажигания последнего.

Постановка задачи

Задача рассматривается в следующей постановке. Одиночная частица в форме цилиндра малой высоты (диска) в момент времени $t = 0$ выпадает на поверхность КВ. Начальная температура частицы T_q много больше начальной температуры КВ T_0 и температуры среды T_e , из которой выпадает частица и которая окружает конденсированное вещество. При выпадении частица и поверхность КВ не деформируются, их теплообмен с внешней средой осуществляется за счет конвекции и излучения. Предполагается, что поверхность частицы неровная и контакт с КВ неидеален. Неидеальность контакта моделировалась так, как показано на рис. 1 (на некотором участке границы контакта частицы с КВ нет). В области 3 находится воздух при атмосферном давлении и температуре T_e . Рассматриваемый вариант неидеального контакта достаточно типичен и соответствует случаю неровного рельефа

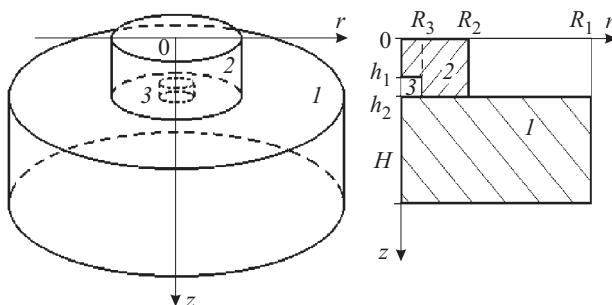


РИС. 1. Схема расчетной области

границы частицы.

Задача в такой постановке сводится к решению системы трех уравнений теплопроводности для частицы, зазора и КВ с соответствующими начальными и граничными условиями. Использована цилиндрическая система координат, начало которой связано с точкой, расположенной на границе "частица – внешняя среда" на оси симметрии частицы. В КВ выделялась цилиндрическая область, по своим размерам существенно превышающая размеры частицы. На внешних границах этой области задавались условия, которые соответствовали условиям сохранения на этих границах начальной температуры. На открытой границе КВ выставлялись граничные условия третьего рода, также как и на всех границах частицы с внешней средой. Задача рассматривалась в осесимметричной постановке.

Математическая модель

Система нестационарных уравнений теплопроводности с нелинейными граничными условиями и соответствующими каждой области начальными условиями имеет вид:

$$c_1 \rho_1 \frac{\partial T_1}{\partial t} = \lambda_1 \left(\frac{\partial^2 T_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_1}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_1}{\partial z^2} \right) + Q k_0 \exp(-E/RT_1), \quad (1)$$

$$0 \leq r \leq R_1, \quad h_1 + h_2 \leq z \leq H + h_1 + h_2;$$

$$c_2 \rho_2 \frac{\partial T_2}{\partial t} = \lambda_2 \left(\frac{\partial^2 T_2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_2}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_2}{\partial z^2} \right), \quad (2)$$

$$0 \leq r \leq R_1, \quad 0 \leq z \leq h_1, \quad R_3 \leq r \leq R_2, \quad h_1 \leq z \leq h_2;$$

$$c_3 \rho_3 \frac{\partial T_3}{\partial t} = \lambda_3 \left(\frac{\partial^2 T_3}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_3}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_3}{\partial z^2} \right), \quad (3)$$

$$0 \leq r \leq R_3, \quad h_1 \leq z \leq h_1 + h_2,$$

где T — температура;

c — удельная теплоемкость;

ρ — плотность;

λ — коэффициент теплопроводности;

t — время;

r, z — цилиндрические координаты;

h_1 — высота частицы до зазора;

h_2 — высота зазора;

H — высота цилиндра, выделяемого в пластине КВ;

R_i — радиусы цилиндров, $i = 1, 2, 3$;

индексы 1, 2 и 3 соответствуют КВ, частице и зазору, заполненному газом, соответственно;

E — энергия активации;

R — универсальная газовая постоянная;

k_0 — предэкспонент;

Q — тепловой эффект реакции.

При постановке задачи принято, что оси симметрии частицы и цилиндра, выделяемого в пластине КВ, совпадают.

Граничные и начальные условия для сформулированной задачи имеют вид:

$$-\lambda_1 \frac{\partial T_1(r, h_1 + h_2, t)}{\partial z} = \alpha(T_e - T_1) + \varepsilon \sigma(T_e^4 - T_1^4), \\ R_2 < r < R_1, \quad 0 < t < t_3; \quad (4)$$

$$-\lambda_1 \frac{\partial T_1(r, h_1 + h_2 + H, t)}{\partial z} = 0, \\ 0 \leq r \leq R_1, \quad 0 < t < t_3; \quad (5)$$

$$-\lambda_1 \frac{\partial T_1(0, z, t)}{\partial r} = 0, \\ h_1 + h_2 \leq z \leq H + h_1 + h_2, \quad 0 < t < t_3; \quad (6)$$

$$-\lambda_1 \frac{\partial T_1(R_1, z, t)}{\partial r} = 0, \\ h_1 + h_2 \leq z \leq H + h_1 + h_2, \quad 0 < t < t_3; \quad (7)$$

$$-\lambda_1 \frac{\partial T_1(r, h_1 + h_2, t)}{\partial z} = -\lambda_3 \frac{\partial T_3(r, h_1 + h_2, t)}{\partial z}, \\ T_1 = T_3, \quad 0 \leq r \leq R_3, \quad 0 < t < t_3; \quad (8)$$

$$-\lambda_1 \frac{\partial T_1(r, h_1 + h_2, t)}{\partial z} = -\lambda_2 \frac{\partial T_2(r, h_1 + h_2, t)}{\partial z}, \\ T_1 = T_2, \quad R_3 \leq r \leq R_2, \quad 0 < t < t_3; \quad (9)$$

$$-\lambda_3 \frac{\partial T_3(0, z, t)}{\partial r} = 0, \\ h_1 \leq z \leq h_1 + h_2, \quad 0 < t < t_3; \quad (10)$$

$$-\lambda_2 \frac{\partial T_2(R_3, z, t)}{\partial r} = -\lambda_3 \frac{\partial T_3(R_3, z, t)}{\partial r}, \\ T_2 = T_3, \quad h_1 \leq z \leq h_1 + h_2, \quad 0 < t < t_3; \quad (11)$$

$$-\lambda_2 \frac{\partial T_2(r, h_1, t)}{\partial z} = -\lambda_3 \frac{\partial T_3(r, h_1, t)}{\partial z}, \\ T_2 = T_3, \quad 0 \leq r \leq R_3, \quad 0 < t < t_3. \quad (12)$$

$$-\lambda_2 \frac{\partial T_2(r, 0, t)}{\partial z} = \alpha(T_e - T_2) + \varepsilon\sigma(T_e^4 - T_2^4), \\ 0 \leq r \leq R_2, \quad 0 < t < t_3; \quad (13)$$

$$-\lambda_2 \frac{\partial T_2(0, z, t)}{\partial r} = 0, \quad 0 \leq z < h_1, \quad 0 < t < t_3; \quad (14)$$

$$\lambda_2 \frac{\partial T_2(R_2, z, t)}{\partial r} = \alpha(T_e - T_2) + \varepsilon\sigma(T_e^4 - T_2^4), \\ 0 \leq z \leq h_1 + h_2, \quad 0 < t < t_3; \quad (15)$$

$$T_2(r, z, 0) = T_3(r, z, 0) = T_u, \\ 0 < r < R_2, \quad 0 \leq z < h_1 + h_2; \quad (16)$$

$$T_1(r, z, 0) = T_0, \\ 0 < r < R_1, \quad h_1 + h_2 < z \leq H + h_1 + h_2, \quad (17)$$

где α — коэффициент теплоотдачи на всех открытых участках поверхности частицы и КВ;

σ — постоянная Стефана-Больцмана;
 T_e — температура внешнего газового потока;
 T_u — температура частицы в начальный момент времени;

ε — приведенная степень черноты;

T_0 — температура КВ в начальный момент времени.

Метод решения

Сформулированная нелинейная краевая задача решена методом конечных разностей [6]. Разностные аналоги дифференциальных уравнений решены локально-одномерным методом, одномерные разностные уравнения — методом итераций с применением метода прогонки на каждой итерации. Использовалась неравномерная разностная сетка, сгущающаяся вблизи границы контакта “частица – КВ”, “частица – зазор”. Число узлов разностной сетки выбиралось таким, чтобы обеспечить в частице не менее 50 узлов по каждой координате и не менее 50 узлов в зазоре по каждой координате.

В связи с отсутствием как экспериментальных данных, так и результатов теоретического анализа задач, подобных рассматриваемой, проводилось тестирование метода и алгоритма решения задачи на последовательности сгущающихся сеток. Чис-

ленные исследования проводились при сеточных параметрах, дальнейшее уменьшение которых не приводило к заметным отклонениям в результатах вычислений.

Результаты численных исследований и обсуждение

Численный анализ проведен на примере частицы алюминия, выпадающей из воздуха на поверхность пороха “Н” [7] при следующих характеристиках материалов, параметрах частицы и условиях теплообмена:

$$\lambda_1 = 0,2352 \text{ Вт/(м·К)}; c_1 = 1470 \text{ Дж/(кг·К)}; \\ \rho_1 = 1600 \text{ кг/м}^3; \lambda_2 = 100 \text{ Вт/(м·К)}; \\ c_2 = 900 \text{ Дж/(кг·К)}; \rho_2 = 2700 \text{ кг/м}^3; \\ E = 147000 \text{ Дж/моль}; Qk_0 = 1,6464 \cdot 10^{23} \text{ Дж/(м}^3 \cdot \text{с}); \\ T_0 = 300 \text{ К}; \varepsilon = 0,5; \alpha = 300 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Следуя общей теории, изложенной в работе [8], критические условия воспламенения в рассматриваемой задаче можно записать в безразмерном виде:

$$\delta_{kp} = \delta_{kp}^* \left[1 + \frac{(\theta_u - 3)^2 b}{30k_\lambda^{2/3}(1 + 3b^{2/3})} \right], \quad (18)$$

$$\text{где } \delta_{kp}^* = 0,4b[\theta_u - 2,25]^2 [1 + 0,5\beta\theta_u];$$

$$k_\lambda = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}; \quad b = \frac{c_2\rho_2}{c_1\rho_1}; \quad \theta_u = \frac{E}{RT_u^2}(T_u - T_0);$$

$$\beta = \frac{RT_u}{E}; \quad \delta = R_2 \left[\frac{Qk_0}{\lambda_2} \frac{E}{RT_u^2} \exp \left(-\frac{E}{RT_u} \right) \right]^{1/2},$$

где δ , δ_{kp} , k_λ , b , θ_u , β — безразмерные параметры.

Если размер очага $\delta > \delta_{kp}$ [8], то происходит воспламенение. Расчеты, проведенные для частиц различных размеров, показали, что в рассматриваемом случае при $T_u = 600$ К зажигание имеет место при $\delta_{kp} = 173,65$, а при $T_u = 800$ К $\delta_{kp} = 124,873$.

Используемое в работе предельное условие воспламенения имеет вид [9]:

$$q(t_3) = Qk_0 \int_0^\infty \left\{ \exp \left[-\frac{E}{RT(z, t_3)} \right] - \exp(-E/RT_0) dz, \quad (19)$$

где q — тепловой поток от частицы;

z — координата (расстояние от поверхности КВ);

t_3 — время задержки зажигания.

Особенность данной задачи состоит в изменяющихся скачком теплофизических характеристиках материалов и воздуха на границе раздела областей 1, 2, 3. Причем эти изменения носят крупномасштабный характер. Кроме того, на границах раздела двух областей в начальный момент времени температура также изменяется скачком. По этим

причинам все вычисления велись с очень малыми шагами по времени (до 10^{-5} с).

На рис. 2 приведены зависимости времени задержки воспламенения от начальной температуры частицы для разных характерных размеров и условий идеального контакта. Видно, что с ростом размеров частицы величина t_3 уменьшается при фиксированном значении T_u . Кривые $t_3(T_u)$ построены до минимальных значений T_u , при которых еще возможно воспламенение.

Аналогичные зависимости приведены на рис. 3 для условий неидеального контакта, соответствующих схеме на рис. 1. Результаты представлены для различных размеров области воздушного зазора d . Видно, что наличие зазора между частицей и КВ с низким коэффициентом теплопроводности приводит при прочих идентичных условиях к росту времени задержки воспламенения по сравнению с вариантом, когда контакт на границе раздела "частица — КВ" идеален. С ростом площади зазора величина T_u , при которой еще возможно воспламенение, также увеличивается при прочих неизменных условиях. Данный результат можно объяснить следующим образом.

Численный анализ показывает, что максимальная температура в зоне контакта T_k достигается на оси симметрии частицы (рис. 4) в условиях идеального контакта. При этом по мере увеличения r (удаление от оси симметрии) снижается температура и соответственно увеличивается время задержки воспламенения. Расчет величины теплового потока q в зону зажигания свидетельствует, что эта величина достигает максимума на оси симметрии в условиях идеального контакта. Следовательно, можно сделать вывод, что в рассматриваемой системе "частица — КВ" имеет место существенно неоднородный теплоперенос, обусловленный теплоотводом от частицы в КВ по направлению как координаты z , так и координаты r . Кроме того, частица также охлаждается за счет теплоотвода во внешнюю среду по двум координатным направлениям.

В этих условиях наличие зазора, представляющего собой зону с существенно более низкой по сравнению с любым металлом (в частности с алюминием) теплопроводностью, приводит к тому, что частица передает энергию КВ через площадку, с существенно меньшей поверхностью. А так как условия теплообмена в зоне контакта КВ и непосредственно частицы достаточно благоприятные по сравнению с зазором или внешней средой, то на всем участке контакта суммарная величина q падает по сравнению с вариантом, когда зазор отсутствует. Уменьшение же (пусть и достаточно малое) величины теплового потока в зону зажигания и при-

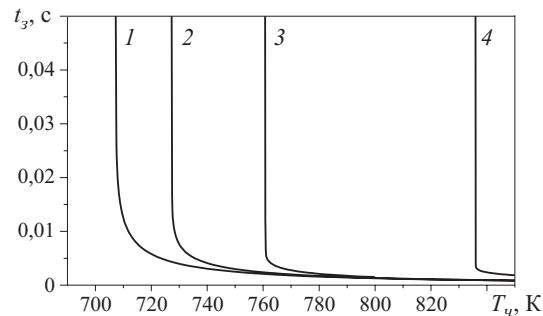


РИС. 2. Время задержки воспламенения КВ при идеальном контакте с частицей различного радиуса: 1 — $R_2 = 200$ мк; 2 — 150 мк; 3 — 100 мк; 4 — 50 мк

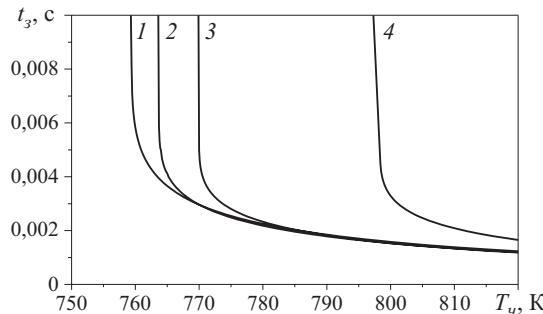


РИС. 3. Время задержки воспламенения КВ при неидеальном контакте с частицей радиусом 100 мк с разной долей шероховатости: 1 — $R_3 = 0$ мк; 2 — 20 мк; 3 — 50 мк; 4 — 70 мк

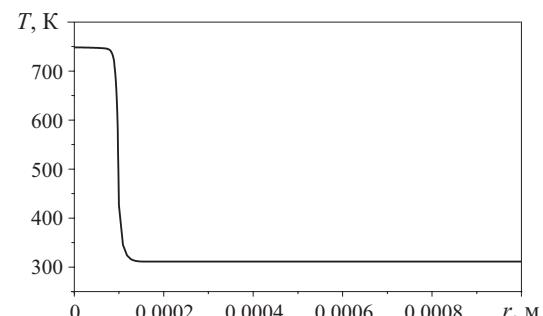


РИС. 4. Распределение T по оси r при идеальном контакте КВ с частицей в момент воспламенения КВ

водит к увеличению t_3 по сравнению с вариантом идеального контакта.

Проводя анализ полученных результатов, необходимо отметить, что полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что величина времени задержки воспламенения определяется в первую очередь теплосодержанием частицы. Так, частица больших размеров и, соответственно, большей объемной теплоемкости обладает большим запасом тепла. И с увеличением размеров частицы уменьшается время t_3 в условиях как идеального (см. рис. 2), так и неидеального (см. рис. 3) контактов. При этом уменьшение площади контакта (при сохранении неизменным объемного теплосодержания частицы) влечет за собой увеличение t_3 .

Необходимо учитывать, что существует минимальная площадь контакта, при которой еще воз-

можно воспламенение КВ при определенном уровне теплового потока в зону зажигания. С увеличением q эта площадь уменьшается при постоянных значениях t_3 (см. рис. 3). Величина же теплового потока, в свою очередь, определяется как температурой частицы, так и ее теплопроводностью. Частичное уменьшение коэффициента теплопроводности λ частицы при постоянной температуре и теплоемкости приводит к резкому росту значений температур, при которых воспламенение КВ возможно, или снижение (приводит к росту t_3 при прочих адекватных условиях).

Можно сделать вывод, что наилучшим локальным источником воспламенения будет частица материала с высокими теплосодержанием и теплопроводностью. Для того, чтобы нагретая до высоких температур частица выполняла роль локального источника воспламенения необходимо, чтобы она обеспечивала минимально необходимую величину теплового импульса в КВ. Величина этого импульса определяет глубину прогрева КВ и температуру в каждой точке прогретого слоя, последние же характеризуют интенсивность твердофазной реакции воспламенения [7–9]. Соответственно, площадь контакта частицы и КВ, обеспечивающая воспламенение, имеет свой минимум (см. рис. 3), при котором воспламенение становится невозможным даже при высоком теплосодержании частицы. Пе-

ретекание энергии по координате r в конденсированном веществе снижает температуру прогретого слоя, ограниченного по радиальному направлению. Можно сказать, что воспламенение КВ будет невозможным, если теплоприход через зону контакта с частицей не будет превышать в течение некоторого необходимого промежутка времени теплоотток в холодные слои КВ по направлениям координат r и z .

Заключение

Проведено численное исследование процесса воспламенения типичного КВ нагретой до высоких температур частицей в рамках модели, учитывающей двухмерный теплоперенос в условиях неидеального теплового контакта. Анализ результатов показал, что увеличение площади шероховатости приводит к росту времени задержки воспламенения КВ при прочих адекватных параметрах процесса.

На основании полученной информации можно с достаточностью высокой степенью надежности прогнозировать возможность воспламенения КВ за счет передачи тепла нагретыми до высоких температур твердыми частицами при наличии шероховатости на поверхности частицы или КВ, которые при попадании на поверхность КВ создают местные центры воспламенения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мак-Алеви Р. Ф., Кауан П. Л., Саммерфилд М. Механизм воспламенения смесевых твердых топлив горячими газами // Исследование ракетных двигателей на твердом топливе: Сб. статей. — М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. — С. 397–415.
2. Гольдшлегер У. И., Барзыкин В. В., Мержанов А. Г. О механизме и закономерностях зажигания конденсированных систем дисперсным потоком // Физика горения и взрыва. — 1971. — Т. 7, № 3. — С. 318–332.
3. Барзыкин В. В., Гольдшлегер У. И., Мержанов А. Г. Зажигание конденсированных веществ дисперсным потоком // Доклады АН СССР. — 1970. — Т. 191, № 1. — С. 111–114.
4. Кузнецов Г. В., Таратушкина Г. В. Моделирование зажигания пожароопасных материалов нагретой до высоких температур частицей // Пожаровзрывобезопасность. — 2003. — Т. 12, № 6. — С. 14–20.
5. Кузнецов Г. В., Мамонтов Г. Я., Таратушкина Г. В. Зажигание конденсированного вещества частицей // Химическая физика. — 2004. — Т. 23, № 3. — С. 67–72.
6. Самарский А. А. Теория разностных схем. — М.: Наука, 1983.
7. Вилюнов В. Н. Теория зажигания конденсированных веществ. — Новосибирск: Наука, Сибирское отд., 1984.
8. Аверсон А. Э., Барзыкин В. В., Мержанов А. Г. // Докл. АН СССР. — 1968. — Т. 178, № 1. — С. 131.
9. Гольдшлегер У. И., Прибыткова К. В., Барзыкин В. В. // Физика горения и взрыва. — 1973. — Т. 9, № 1. — С. 119.

Поступила в редакцию 31.05.05.

ОГНЕЗАЩИТА

УДК 614.841.332:620.197.6

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВСПУЧИВАЮЩЕГОСЯ ПОКРЫТИЯ СГК-2 ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ПОЖАРОВ КОНСТРУКЦИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ



Назаренко Валерий
Александрович



Гарашенко
Анатолий Никитович

В. А. Назаренко

генеральный директор ЗАО НПП “Спецэнерготехника”

А. Н. Гаращенко

канд. техн. наук, зам. директора по науке ЗАО “Теплоогнезащита”

Представлены результаты исследований комплекса эксплуатационных и огнезащитных характеристик вспучивающегося покрытия СГК-2, приведены примеры его использования на промышленных, транспортных и военных объектах. Рассмотрены данные апробирования методики расчетов проектных толщин данного средства огнезащиты. Сочетание стойкости покрытия к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды с огнезащитной эффективностью свидетельствует о хороших перспективах дальнейшего использования СГК-2 для защиты от пожаров широкого спектра конструкций.

В настоящее время на объектах промышленного и гражданского строительства используется большое число разнообразных средств огнезащиты. Однако большая часть из них не предназначена для защиты конструкций, подверженных воздействию влаги и агрессивных сред в процессе их эксплуатации. Тем не менее во многих случаях именно такие требования предъявляются к средствам огнезащиты несущих конструкций, оборудования, емкостей, коммуникаций и пр.

Анализ современных сертифицированных материалов отечественного и импортного производства показал, что по совокупности технико-экономических показателей в таких случаях целесообразно применять вспучивающееся покрытие СГК-2 на основе хлорсульфированного полиэтилена и терморасширяющегося графита. Оно разработано в результате совершенствования рецептуры известного покрытия СГК-1 и сохраняет все его положительные свойства, но существенно превосходит СГК-1 по огнезащитной эффективности. Отличительной особенностью указанных покрытий является то, что одной из основных сфер их использования являются изделия и объекты военной техники. Как известно, для материалов, используемых в данной области, требуется надежное определение целого комплекса эксплуатационных характеристик, для чего необходим значительно больший объем

испытаний, чем для большинства других средств огнезащиты. Определение таких характеристик четко регламентируется соответствующими нормативными документами.

Покрытие СГК-2 (кроме защиты объектов военной техники) предназначено для применения на объектах нефтегазового комплекса, химической и нефтехимической промышленности, транспорта и транспортной инфраструктуры (несущие конструкции, технологическое оборудование, хранилища, емкости и цистерны для нефтепродуктов и сжиженных газов, трубопроводы, железнодорожные вагоны, контейнеры, мосты, эстакады). На указанных объектах реализуются такие преимущества данного покрытия, как влаго- и морозостойкость, стойкость к воздействию агрессивных сред и нефтепродуктов, высокая адгезия к защищаемым конструкциям, долговечность.

Только за последний год покрытие использовалось для защиты металлоконструкций на таких ответственных объектах, как эстакада в районе завода им. Войтовича, Лужнецкая эстакада, а также тоннель на пересечении улицы Беговая и Ленинградского шоссе 3-го транспортного кольца Москвы, Московская монорельсовая дорога, нефтехимические заводы “Киришинефтеоргсинтез”, “Ноябрьскнефтегаз”, Ачинский и Рязанский НПЗ. По заданию

ООО “СГ-транс” проводилась работа по защите от огня цистерн для перевозки сжиженных газов.

Перспективность дальнейшего применения покрытия СГК-2 в значительной степени обусловлена тем, что оно обладает благоприятным сочетанием следующих свойств:

- высокая эластичность и адгезия к любым материалам;
- стойкость к механическим воздействиям;
- стойкость к агрессивным средам (кислотным, щелочным, солевым);
- долговременная защита металлических конструкций от коррозии;
- возможность эксплуатации при температуре $\pm 50^{\circ}\text{C}$, влажности до 100% и повышенных вибрациях;
- высокая технологичность (быстрота нанесения и сушки);
- относительно небольшой расход состава на 1 м² — 1,5 кг при толщине слоя 1 мм;
- гарантийный срок эксплуатации не менее 15 лет.

Долговечность (гарантийный срок) покрытия СГК-2 подтверждена результатами ускоренных климатических испытаний на соответствие требованиям ОСТ В3-14.301-87 и натурной эксплуатацией объектов военного и гражданского назначения. В ходе испытаний моделировались воздействие сезонных и суточных перепадов температур, термовлажностное старение.

Расчет режима испытаний на старение проводился по энергии активации 18,6 кДж/моль. В процессе испытаний определялись:

- адгезия и прочность пленки при ударе по ГОСТ 15140-73;
- твердость покрытия по маятниковому прибору по ГОСТ 5233-87;
- стойкость к статическому воздействию жидкостей по ГОСТ 9.403-80;
- теплоогнезащитные характеристики.

Установлено, что теплоогнезащитные и эксплуатационные характеристики объектов после имитации 18-летней эксплуатации не ухудшились. Результаты ускоренных климатических испытаний подтверждаются опытом эксплуатации в течение 12 лет покрытия СГК-1 (прототип СГК-2), используемого на воздуховодах протяженностью порядка 15 км на заводе “Стинол” в г. Липецк и ряде других объектов.

Огнезащитная эффективность СГК-2 подтверждена значительной серией испытаний фрагментов конструкций с данным покрытием, большая часть которых проводилась в аккредитованном Испытательном центре “Опытное” 26 ЦНИИ Минобороны России. Осуществлены огневые испытания колонн из дутавра, а также стальных пластин с покрытием СГК-2 различной толщины. Основные результаты и номера протоколов испытаний представлены в табл. 1.

Покрытие огнезащитное вспучивающееся СГК-2 производится по ТУ 7719-171-21366107-02, имеет сертификат пожарной безопасности № ССПБ. RU. ОП032.В00197. Данный состав разрешен для использования в промышленном строительстве Гос-

ТАБЛИЦА 1. Результаты огневых испытаний конструкций с покрытием СГК-2

Вид (профиль) конструкции	Приведенная толщина металла, мм	Толщина покрытия, мм	Номер протокола испытаний	Время достижения температуры 500°C, мин	
				эксперимент	расчет
Двутавр:					
№ 20 (ГОСТ 8239-72)	3,4	2,2	426/ИЦ-02 от 20.05.02	50	50
		2,0	721/ИЦ-05 от 22.07.05	45	46
№ 40 (ГОСТ 26020-83)	4,55	3,5	127/ИЦ-04 от 30.01.04	85	81
№ 35Ш1 (АСЧМ 20-93)	5,0	3,5	122/ИЦ-04 от 30.01.04	87	85
Лист противопожарного экрана эстакады (4 мм)	—	4,15	3948* от 22.04.03	91	115
Пластина размером, мм:					
600×600×5	—	2,2	523/ИЦ-02 от 27.05.02	53	74
600×600×5	—	5,0	29 т/ф** от 4.07.03	Более 120	129
700×1100×4	—	4,0	219/ИЦ-03 от 27.02.03	Более 120	120
140×100×12,6	—	8,0	519*** от 12.08.04	Значительно более 120	172

* Научно-исследовательский центр пожарной безопасности ВНИИПО МЧС России.

** Испытательная пожарная лаборатория, г. Пермь.

*** Испытательная пожарная лаборатория, г. Киров.

санэпидслужбой России (санитарно-эпидемиологическое заключение № 50.99.16.771.П.05639.04.2).

СГК-2 может наноситься кистью, валиком, с помощью установок типа “Вагнер”, “Монарх” или распылителями типа СО-74. Работы по его нанесению могут проводиться при температуре 0–35°C и относительной влажности воздуха не выше 80%. При этом обеспечивается высокая производительность работ, поскольку нанесение последующего слоя можно осуществлять через 15–20 мин после нанесения предыдущего при температуре от 15 до 35°C и через 40–45 мин при температуре от 0 до 10°C.

Следует отметить возможность нанесения данного покрытия на конструкции не только на строительной площадке, но и в цехе или ангаре, т.е. в наиболее благоприятных условиях. Это обеспечивает более высокие качество и точность нанесения заданных толщин покрытия, а также позволяет сократить сроки проведения строительно-монтажных работ. Покрытие СГК-2 в наименьшей степени по сравнению с другими средствами огнезащиты подвергается повреждениям при транспортировке конструкций и их монтаже на объекте. После монтажа конструкций с огнезащитой на строительной площадке требуется нанесение покрытия только на участки их сопряжения, площадь которых относительно невелика. Предварительное нанесение состава на конструкции уже неоднократно реализовывалось на практике (например, на фермах и балках тоннеля 3-го транспортного кольца г. Москвы на пересечении ул. Беговая и Ленинградского шоссе).

Значительный интерес представляют результаты экспериментальных исследований возможности применения вспучивающегося покрытия СГК-2 для защиты резервуаров со сжиженными углеводородными газами в очаге пожара. Исследования проводились Научно-исследовательским центром пожарной безопасности ВНИИПО МЧС РФ совместно с ЗАО НПП “Спецэнерготехника” [1]. В качестве объекта изучения использовались баллоны с пропаном объемом 50 дм³ при наличии и отсутствии на их стенках вспучивающегося огнезащитного покрытия СГК-1 (прототип состава СГК-2). Очаг пожара моделировался горением дизельного топлива в ванне. Условия проведения экспериментов и основные результаты приведены в табл. 2.

Полученные данные показали, что применение покрытия толщиной 1–2 мм существенно снижает скорость нарастания давления и увеличивает промежуток времени до разрушения баллона. При использовании состава СГК-2 следует ожидать значительно большего эффекта, поскольку его огнезащитная эффективность в 1,5 раза выше, чем СГК-1. Это свидетельствует о перспективности примене-

ТАБЛИЦА 2. Результаты огневых испытаний баллонов с пропаном

Наличие огнезащитного покрытия на стенах баллона	Размеры поддона с топливом, м	Промежуток времени от начала опыта до взрыва баллона, с	Скорость нарастания давления в баллоне, кПа/с	
			максимальная	средняя
Без покрытия	1,2×0,9×0,2	203	34,3	25,7
С покрытием толщиной:				
2 мм	1,2×0,9×0,2	478	20,6	13,9
1 мм	1,0×0,5×0,2	331	34,9	20,6
1 мм	1,0×0,8×0,2	633	25,5	12,3

ния рассматриваемого покрытия для противопожарной защиты технологического оборудования, резервуаров с сжиженными газами, а также с жидким углеводородным топливом.

Эффективность практического использования средств огнезащиты в значительной степени определяется наличием надежных методик расчетов проектных толщин огнезащиты. Для покрытия СГК-2 такая методика разработана и апробирована с учетом результатов имеющихся огневых испытаний различных конструкций.

Для проведения расчетов используется разработанный ЗАО “Теплоогнезащита” “Программный комплекс для расчетов нестационарных температурных полей в конструкциях с разлагающейся и вспучивающейся или испытывающей усадку огнезащитой” (“Огнезащита”, версия ВУ.1). Он прошел тестирование и сертификацию в специализированном аккредитованном в системе Госстандарта РФ органе “Независимом испытательном центре программных средств “КУРС” МГТУ им. Н. Э. Баумана. В процессе сертификации проверялось соответствие разработанного программного продукта требованиям нормативных документов: ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126–93 и ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 9294–93, принятых как в нашей стране, так и за рубежом (сертификат соответствия № РОСС. RU. СП05.С00039).

Применяемая при проектировании огнезащиты методика дает возможность реализовать на практике дифференцированный (индивидуальный) подход к определению требуемых толщин огнезащиты различных конструкций. Согласно этому подходу алгоритм и программа расчета огнезащиты конкретного типа сначала согласовываются с результатами огневых испытаний по ГОСТ 30247.1–94 и НПБ 236–97. Затем по указанной программе рассчитываются требуемые толщины огнезащиты для всего многообразия встречающихся на практике типов конструкций, которые отличаются от испытанного образца формой и размерами, а также време-

ТАБЛИЦА 3. Теплофизические характеристики основных компонентов покрытия СГК-2

Связующее			Кокс			Наполнитель		
ρ_c , кг/м ³	c_c , Дж/(кг·К)	λ_c , Вт/(м·К)	ρ_k , кг/м ³	c_k , Дж/(кг·К)	λ_k , Вт/(м·К)	ρ_n , кг/м ³	c_n , Дж/(кг·К)	λ_n , Вт/(м·К)
1280	1500	0,81	1600	1490	4,7	4260	990	4,0

Примечание. Обозначения характеристик, приведенных в табл. 3–5: T — температура; ρ — плотность; λ — теплопроводность; c — теплоемкость; ϕ — пористость; χ — степень завершенности процесса термического разложения; μ — массовая доля; K — массовая доля твердого остатка в продуктах полного термического разложения. Индексы: c — связующее; n — наполнитель; k — пенококс; np , kp — начало и конец вспучивания; 0 — начальный.

менем теплового воздействия. Имеется положительный опыт использования данной методики расчетов вспучивающихся покрытий при проектировании огнезащиты для многочисленных объектов в московском и других регионах РФ.

Математическая модель и перечень исходных данных, необходимых для проведения численных расчетов толщин вспучивающихся покрытий, представлены в работе [2]. В табл. 3–5 приведены характеристики СГК-2, обозначения и порядок определения которых представлен в работе [2].

Для учета температурной зависимости степени разложения, представленной в табл. 5, использовались данные измерения потери массы покрытия, полученные на термоанализаторе. Техофизические характеристики при температурах до начала термического разложения материала определялись на установках ИТ-λ-400 и ИТ-с-400.

Кроме приведенных в табл. 3–4 характеристик покрытия СГК-2, определяемых известными лабораторными методами, были получены значения параметров согласования с экспериментом математических моделей, описывающих их работу в условиях пожара [2]. К этим параметрам относятся: коэффициент вспучивания k_v , параметры лучистого теплопереноса Θ и поверхностного уноса Ψ . Как показали результаты специальных численных исследований математической модели, от указанных параметров зависит, в основном, огнезащитная эффективность покрытия, и они консервативны к изменению в достаточно широких пределах условий нагрева.

ТАБЛИЦА 4. Характеристики СГК-2

ρ_o , кг/м ³	ϕ_0	λ_o , Вт/(м·К)	μ_n	K	Q , кДж/кг	T_{nn} , °C	T_{kn} , °C
950	0,27	0,51	0,45	0,44	3000	165	400

ТАБЛИЦА 5. Зависимость степени термического разложения СГК-2 от температуры

T , °C	20	50	60	80	100	120	140	160	180	200	300	500
χ	0	0	0,002	0,005	0,012	0,038	0,043	0,07	0,098	0,13	0,336	0,79
T , °C	560	580	600	620	640	660	700	750	800	850	900	
χ	0,848	0,877	0,904	0,923	0,934	0,947	0,965	0,977	0,99	0,995		1

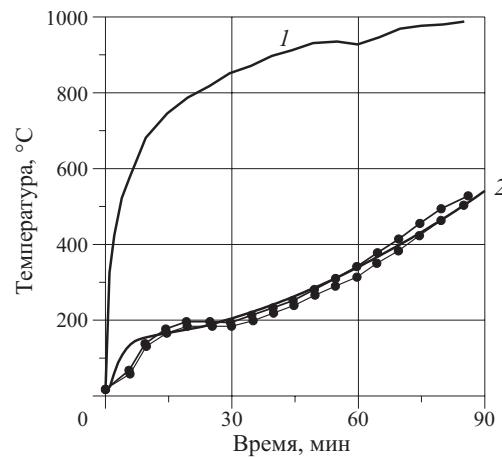


РИС. 1. Зависимость от времени температуры газовой среды (1) и колонны из двутавра № 35Ш1 (2) с приведенной толщиной металла 5,0 мм при толщине огнезащитного покрытия СГК-2, равной 3,5 мм, в опыте, данные по которому использовались для определения параметров математической модели: —●— эксперимент

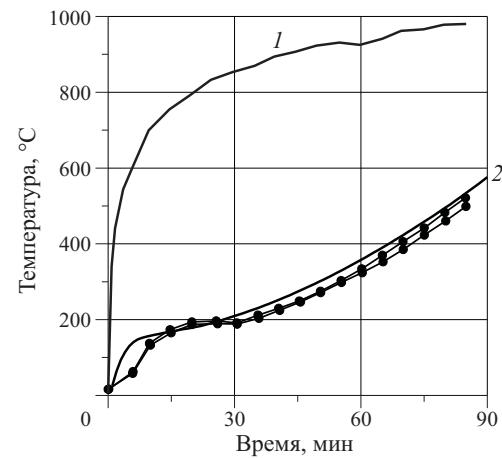


РИС. 2. Зависимость от времени температуры газовой среды (1) и колонны из двутавра № 40 (2) с приведенной толщиной металла 4,55 мм при толщине покрытия СГК-2, равной 3,5 мм

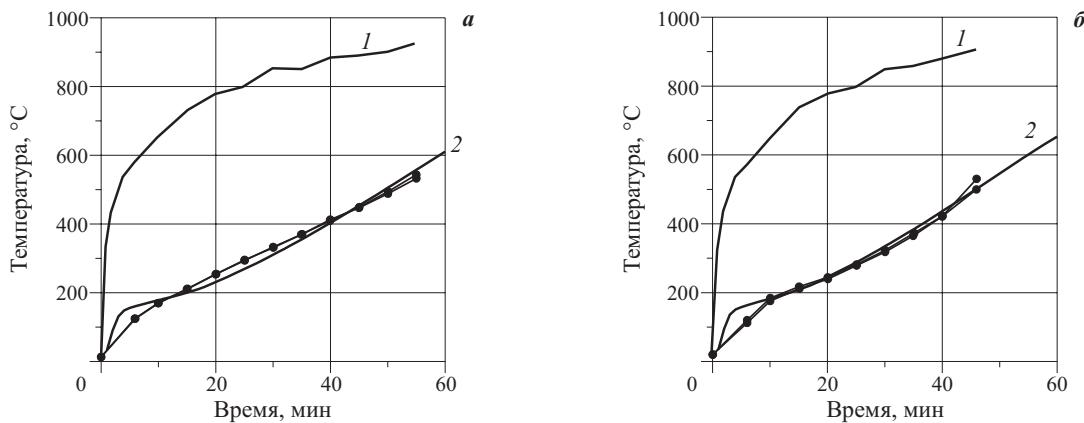


РИС. 3. Зависимость от времени температуры газовой среды (1) и колонны из двутавра № 20 (2) с приведенной толщиной металла 3,4 мм при толщине покрытия СГК-2, равной 2,2 (а) и 2,0 мм (б)

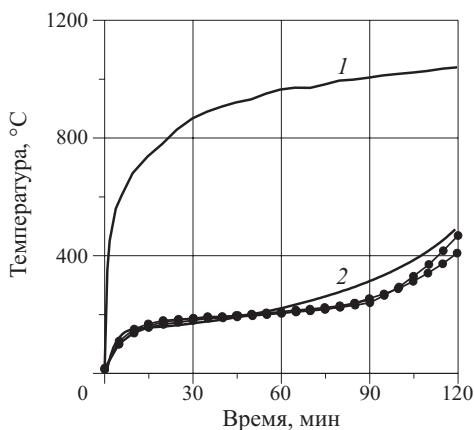


РИС. 4. Зависимость от времени температуры газовой среды (1) и стальной пластины размером 700×1100×4 мм (2) при толщине покрытия СГК-2, равной 4,0 мм

Для определения значений указанных параметров использовались результаты одного из огневых экспериментов, а именно испытания двутавра № 35Ш1 с покрытием толщиной 3,5 мм. Значения параметров согласования с экспериментом математической модели работы вспучивающихся покрытий составляют: $k_v = 25$, $\Theta = 7,4 \cdot 10^{-11}$ Вт/(м·К⁴), $\Psi = 0,2$. На рис. 1 и в табл. 1 показано соответствие результатов расчета и эксперимента при этих значениях параметров математической модели.

Полученный комплекс характеристик использован при апробировании и расчетах прогрева различных конструкций с покрытием СГК-2.

Апробирование методики расчетов и представленного комплекса исходных данных проводилось

путем сопоставления результатов расчетов и огневых испытаний конструкций, перечисленных в табл. 1. На рис. 2–4 приведены экспериментальные данные изменения во времени температур газовой среды и защищаемых конструкций, а также дано сравнение с соответствующими расчетными данными. В табл. 1 представлены результаты расчетов времени достижения температуры 500°C на защищаемой поверхности для всех упомянутых конструкций. Можно видеть достаточно хорошее согласование расчетных и опытных данных по характеру изменения температуры конструкций с покрытием в течение испытаний, а также по времени достижения температуры 500°C на защищаемой поверхности. Проведенное апробирование подтвердило возможность использования рассматриваемой методики расчетов и указанных выше характеристик при определении проектных толщин огнезащитного покрытия СГК-2.

Таким образом, результаты исследований комплекса характеристик и имеющийся опыт применения покрытия СГК-2 свидетельствуют о хороших перспективах его дальнейшего использования для защиты от пожаров широкого спектра конструкций. Предпосылкой для этого являются сочетание высокой стойкости покрытия к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды с его огнезащитной эффективностью, а также наличие апробированной и надежной методики расчетов проектных толщин данного покрытия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шебеко Ю. Н., Филиппов В. Н., Навценя В. Ю. и др. Исследование влияния вспучивающегося огнезащитного покрытия на поведение резервуаров со сжиженными углеводородными газами в очаге пожара // Пожаровзрывобезопасность. — 1998. — Т. 7, № 1.
2. Страхов В. Л., Гаращенко А. Н., Рудзинский В. П. Математическое моделирование работы и определение комплекса характеристик вспучивающейся огнезащиты // Пожаровзрывобезопасность. — 1997. — Т. 6, № 3.

Поступила в редакцию 12.11.05.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ПРОГРЕВА НАСЫЩЕННОГО ВОДОЙ ОГНЕЗАЩИТНОГО ЭКРАНА НА ЭТАПЕ СУШКИ



Страхов
Валерий Леонидович



Заикин
Сергей Вениаминович

В. Л. Страхов

докт. техн. наук, директор по науке,
ЗАО "Теплоогнезащита"

С. В. Заикин

начальник отдела,
ЗАО "Теплоогнезащита"

Предложен метод математического моделирования процесса нестационарного прогрева и сушки насыщенного водой пористого (волокнистого) экрана, входящего в состав конструкции огнезащитного укрытия пожароопасного технологического оборудования. В конструкции реализован новый способ ослабления теплового потока, падающего на объект в условиях пожара. Один из вариантов огнезащитного укрытия применен для запорной и фонтанной арматур действующих нефтяных скважин. Получено приближенное аналитическое решение задачи о сушке экрана. Достоверность и точность решения проверены путем сопоставления результатов численных расчетов с экспериментальными данными, полученными при огневых испытаниях опытных образцов огнезащитного укрытия в пламени, образующемся при горении разлитой нефти и нефтепродуктов.

Пожар на объектах нефтегазового комплекса, возникающий вследствие пролива нефти и нефтепродуктов, приводит к выходу из строя дорогостоящего технологического оборудования. Для повышения пределов огнестойкости пожароопасного оборудования (до 6 ч) авторами предложен новый способ ослабления воздействия на объект энергии в виде света, тепла и конвективных газовых потоков и реализующее его устройство [1].

Предложенный способ основан на ограждении защищаемого объекта огнезащитным экраном, в

структуре пористых материалов которого, при создании парокапельновоздушной среды из охлаждающей жидкости, проявляется синергически интенсивный физический эффект испарительного охлаждения.

Устройство, реализующее данный способ огнезащиты, представляет собой быстроустанавливаемое огнезащитное укрытие, имеющее форму равнобокой треугольной призмы. Общий вид огнезащитного укрытия, установленного на запорной и фонтанной арматурах нефтяной скважины, показан на рис. 1. Оно имеет следующие размеры: высота — 3 м, длина — 2,5 м, ширина основания треугольной грани — 2 м.

Огнезащитное укрытие состоит из двух основных элементов: огнестойкого экрана и несущего каркаса со встроенной системой орошения.

Огнестойкий экран изготавливается из волокнистых термостойких материалов по швейной технологии и имеет слоистую структуру. Первый и последний слои выполнены из ткани, промежуточные — из нетканых рулонных материалов плотностью 80–200 кг/м³.

Несущий каркас собирается из стальных нержавеющих труб. Встроенная система орошения включает в себя водоподводящий канал, проложенный в трубах несущего каркаса, и форсунки, расположенные в верхней части каркаса таким образом, чтобы



РИС. 1. Общий вид огнезащитного укрытия в рабочем положении

обеспечивать равномерное орошение наружной поверхности огнестойкого экрана с заданным расходом воды. Одна из стоек каркаса в нижней части имеет патрубок с полугайкой для подсоединения пожарного рукава. Кроме того, вода на орошение обогреваемой поверхности экрана может подаваться при помощи ручного пожарного ствола.

Режим орошения определяется проектным временем сушки насыщенного водой огнестойкого экрана. Для нахождения указанного времени на стадии проектирования разработана математическая модель, описывающая нестационарный прогрев стенки насыщенного водой огнестойкого экрана от начала огневого воздействия до момента высыхания.

Схема тепломассопереноса по толщине огнестойкого экрана из волокнистых материалов, содержащих влагу при его одностороннем нагреве, показана на рис. 2, а. На ней отражены три характерных зоны, формирующиеся внутри экрана на начальном этапе процесса сушки: сухого материала, конденсации и насыщенного водой материала. По мере развития процесса нестационарного прогрева экрана толщина зоны конденсации уменьшается до 0, и в дальнейшем фронт испарения совпадает с границей зоны насыщенного водой материала, которая перемещается в сторону необогреваемой поверхности. Процесс сушки огнестойкого экрана завершается в тот момент, когда фронт испарения достигает его необогреваемой поверхности.

Проведенные численные оценки показывают, что допустимо пренебречь оттоком теплоты от необогреваемой поверхности экрана и принять процесс тепломассопереноса через стенку экрана одномерным.

Поле температуры в стенке экрана определяется решением уравнений нестационарной теплопроводности, записанных в системе координат 0ξ (см. рис. 2, а) в следующей форме:

а) при $0 \leq \xi < \xi_s(t)$

$$(1 - \phi_d) \rho' c' \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\lambda_\Sigma \frac{\partial T}{\partial \xi} \right) + \dot{m}_\xi'' c_P'' \frac{\partial T}{\partial \xi}; \quad (1)$$

б) при $\xi_s(t) \leq \xi < \xi_b(t)$:

$$(1 - \phi_c) \rho'_c c'_c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\lambda_c \frac{\partial T}{\partial \xi} \right) + \dot{m}_\xi'' c_P'' \frac{\partial T}{\partial \xi} + r \dot{R}_c; \quad (2)$$

в) при $\xi_b(t) \leq \xi < \xi_x(t)$:

$$\rho_m c_m \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\lambda_m \frac{\partial T}{\partial \xi} \right). \quad (3)$$

Записанные уравнения должны решаться при следующих краевых условиях.

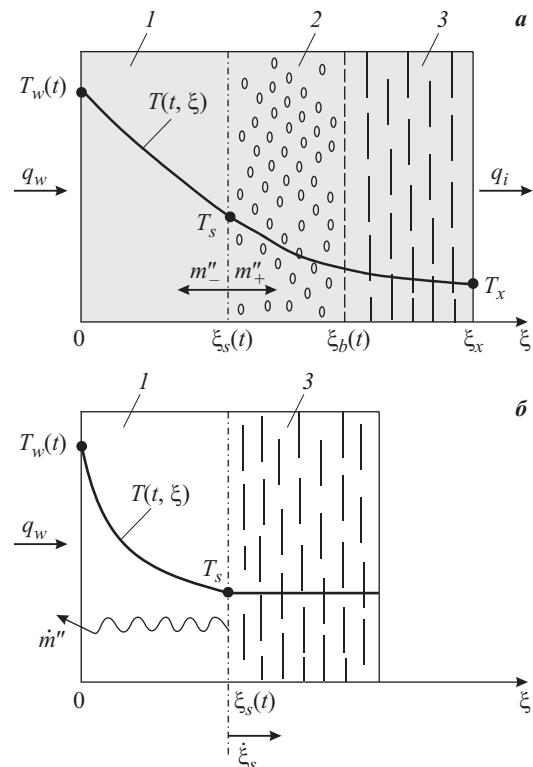


РИС. 2. Расчетные схемы тепломассопереноса по толщине огнестойкого экрана из волокнистых материалов, содержащих влагу, при общей постановке задачи (а) и с учетом упрощающих допущений (б): 1 — зона сухого материала; 2 — зона конденсации; 3 — зона насыщенного водой материала

Начальное условие:

$$T(\xi, 0) = T_0 = \text{const}. \quad (4)$$

Условие на обогреваемой поверхности:

$$q_w = -\lambda_\Sigma \frac{\partial T}{\partial \xi} \Big|_{\xi=0}. \quad (5)$$

Условия на фронте испарения:

$$-\lambda_\Sigma \frac{\partial T}{\partial \xi} \Big|_{\xi=\xi_s} = -\lambda_c \frac{\partial T}{\partial \xi} \Big|_{\xi=\xi_s+0} + r \rho_0 w \dot{\xi}_s,$$

$$T \Big|_{\xi=\xi_s} = \text{const}. \quad (6)$$

Условия на границе между зонами конденсации и насыщенного водой материала:

а) для периода конденсации

$$-\lambda_c \frac{\partial T}{\partial \xi} \Big|_{\xi=\xi_b-0} + r \dot{m}_c \Big|_{\xi=\xi_b} = -\lambda_m \frac{\partial T}{\partial \xi} \Big|_{\xi=\xi_b} \quad (7)$$

б) для периода испарения ($\xi_s = \xi_b$)

$$-\lambda_c \frac{\partial T}{\partial \xi} \Big|_{\xi=\xi_s-0} = -\lambda_m \frac{\partial T}{\partial \xi} \Big|_{\xi=\xi_s+0} + r \rho_0 w_{\max} \dot{\xi}_s,$$

$$T \Big|_{\xi=\xi_s} = \text{const}. \quad (8)$$

Условие на необогреваемой поверхности:

$$\lambda_m \frac{\partial T}{\partial \xi} \Big|_{\xi=\xi_s-0} = 0. \quad (9)$$

В формулах (1) – (9) и на рис. 2, а, принятые следующие обозначения: φ — пористость; ρ — плотность; ρ_0 — исходное значение объемной плотности сухого материала огнестойкого экрана; c, c_p — теплоемкость; T — температура; t — время; ξ — по-перечная координата; λ_Σ — эффективная (суммарная) теплопроводность в зоне сухого материала; \dot{m}_ξ'' — проекция массовой скорости движения пара внутри пор (в пространстве между волокнами) на ось ξ ; r — тепловой эффект фазового превращения вода – пар; R_c — объемная скорость выделения массы в пористой среде при конденсации пара на поверхности волокон; w — текущее значение массовой доли конденсата в пористом материале; ξ_s — координата фронта испарения; ξ_b — координата границы между зоной конденсации и слоем насыщенного водой материала; ξ_x — граница необогреваемой поверхности огнестойкого экрана; $\dot{\xi}_s$ — линейная скорость перемещения фронта испарения; \dot{m}_c — массовая скорость конденсации пара на поверхности слоя насыщенного водой материала; T_0 — начальное значение температуры; w_{\max} — максимальное значение массовой доли воды, сконденсировавшейся внутри пор насыщенного водой слоя; q_w — полный тепловой поток, поглощаемый обогреваемой поверхностью экрана; индексы: ' — каркас пористого материала; " — среда, заполняющая поры; s — фронт испарения; b — граница между зонами конденсации и насыщенного водой материала; c — конденсация, зона конденсации; m — насыщенный водой пористый материал, зона насыщенного водой материала; x — необогреваемая поверхность экрана.

Анализ рассмотренной выше общей постановки задачи и проведенные числовые оценки показали возможность принятия следующих упрощающих допущений:

а) процесс теплопередачи от обогреваемой поверхности через зону сухого материала к фронту испарения квазистационарен;

б) в исходном состоянии волокнистый материал огнестойкого экрана насыщен водой и прогрет до температуры, близкой к температуре кипения воды.

При этом предполагается, что насыщение водой по толщине стенки огнестойкого экрана равномерное, а концентрация воды за фронтом испарения неизменна.

Расчетная схема тепломассопереноса по толщине огнестойкого экрана из волокнистых материалов, содержащих влагу, с учетом перечисленных допущений показана на рис. 2, б.

Система уравнений (1) – (3) с граничными условиями (4) – (9) приводится к виду:

$$\frac{d}{d\xi} \left(\lambda_\Sigma \frac{dT}{d\xi} \right) + + \dot{m}_\xi'' c_p'' \frac{dT}{d\xi} = 0; \quad (10)$$

$$0 \leq \xi < \xi_s(t); \quad q_w = -\lambda_\Sigma \frac{dT}{d\xi} \Big|_{\xi=0}; \\ -\lambda_\Sigma \frac{\partial T}{\partial \xi} \Big|_{\xi=\xi_s-0} = r \rho_0 w \dot{\xi}_s; \quad T \Big|_{\xi=\xi_s} = 100^\circ\text{C}. \quad (11)$$

При этом выражение для плотности потока пара, направленного от фронта испарения в сторону обогреваемой поверхности экрана, в соответствии с уравнением баланса массы на фронте испарения имеет вид:

$$\dot{m}_\xi'' = \rho_0 w \dot{\xi}_s. \quad (12)$$

С учетом выражения (12) уравнение теплопроводности (10) запишется следующим образом:

$$\frac{d}{d\xi} \left(\lambda_\Sigma \frac{dT}{d\xi} \right) + \rho_0 w \dot{\xi}_s c_p'' \frac{dT}{d\xi} = 0. \quad (10')$$

Однократное интегрирование уравнения (10') с учетом граничных условий (11) приводит к дифференциальному уравнению первого порядка:

$$\lambda_\Sigma \frac{dT}{d\xi} + \rho_0 w \dot{\xi}_s [r + c_p'' (T - T_s)] = 0. \quad (13)$$

Решением дифференциального уравнения (13) является алгебраическое уравнение:

$$T_w = T_s + \frac{r \left[1 - \exp \left(- \frac{\rho_0 w \dot{\xi}_s c_p}{\lambda} \xi_s \right) \right]}{c_p'' \exp \left(- \frac{\rho_0 w \dot{\xi}_s c_p}{\lambda} \xi_s \right)}, \quad (14)$$

$$\text{где } \lambda = \left(\int_{T_s}^{T_w} \lambda_\Sigma(T) dT \right) / (T_w - T_s). \quad (15)$$

Уравнение (14) является неявным, поскольку $\dot{\xi}_s$ и ξ_s зависят от T_w .

При $\dot{\xi}_s = 0$ дифференциальное уравнение (13) имеет вид:

$$\lambda_\Sigma \frac{dT}{d\xi} \Big|_{\xi=0} + \rho_0 w \dot{\xi}_s [r + c_p'' (T_w - T_s)] = 0. \quad (16)$$

После подстановки в выражение (16) вместо первого слагаемого его значение из условий (11) и несложных алгебраических преобразований получаем формулу для скорости перемещения фронта испарения от обогреваемой поверхности вглубь ог-

незащитного экрана — обыкновенное дифференциальное уравнение относительно переменной ξ_s :

$$\dot{\xi}_s \equiv \frac{d\xi_s}{dt} = \frac{q_w}{\rho_0 w [r + c_p''(T_w - T_s)]}. \quad (17)$$

Подставив в уравнение (14) вместо $\dot{\xi}_s$ его выражение из соотношения (17), алгебраическое уравнение для определения T_w получается в виде:

$$T_w = T_s + \frac{r \left[1 - \exp \left(-\frac{q_w}{\lambda [T_w - T_s + r/c_p'']} \xi_s \right) \right]}{c_p'' \exp \left(-\frac{q_w}{\lambda [T_w - T_s + r/c_p'']} \xi_s \right)}. \quad (18)$$

Входящая в формулу (17) плотность теплового потока, поступающего от пламени в подповерхностный слой огнестойкого экрана, в случае, когда факел пламени соприкасается с поверхностью огнезащитного укрытия, определяется по формуле:

$$q_w = (1 - R)q_R - \varepsilon_w \sigma T_w^4 + (\alpha_f - \eta + \dot{m}_\xi'' c_p'') (T_f - T_w), \quad (19)$$

где R — коэффициент отражения поверхности огнестойкого экрана;

ε_w — излучательная способность поверхности огнестойкого экрана;

σ — постоянная Стефана-Больцмана;

α_f — коэффициент конвективной теплоотдачи от газовой среды факела к обогреваемой поверхности экрана;

η — коэффициент вдува пара в пограничный слой газового потока, омывающего поверхность экрана;

T_f — температура газовой среды факела.

Можно видеть, что в правую часть этой формулы с учетом выражения (12) входит скорость перемещения фронта испарения. После подстановки в выражение плотности теплового потока формулы для скорости перемещения фронта (17) получаем следующую зависимость q_w от температуры обогреваемой поверхности экрана:

$$q_w = \frac{(1 - R)q_R + \alpha_f(T_f - T_w) - \varepsilon_w \sigma T_w^4}{1 + \frac{\eta(T_f - T_w)}{T_w - T_s + r/c_p''}}. \quad (20)$$

И, наконец, разрешающее неявное алгебраическое уравнение (18) относительно T_w после подстановки вместо q_w его выражения из соотношения (20) приобретает вид:

$$T_w = T_s + \frac{r}{c_p''} \times \times \left[\exp \left(\xi_s \frac{(1 - R)q_R + \alpha_f(T_f - T_w) - \varepsilon_w \sigma T_w^4}{\lambda \left[T_w - T_s + \frac{r}{c_p''} \right] + \eta(T_f - T_w)} \right) - 1 \right]. \quad (21)$$

Зависимость от времени толщины сухого слоя в огнестойком экране определяется из решения обыкновенного дифференциального уравнения (17) при начальном условии $\xi_s|_{t=0} = 0$.

Решение обыкновенного дифференциального уравнения (17) проводится численно методом Эйлера в соответствии с выражением:

$$\xi_{s_i} = \xi_{s_{i-1}} + \dot{\xi}_{s_{i-1}} \Delta t, \quad i = 1, 2, \dots, I, \quad (22)$$

где Δt — шаг по времени.

При расчетах по формуле (22) используются выражения (17), (20) и (21).

Для проведения численных расчетов продолжительности сушки насыщенного водой огнестойкого экрана на основе полученных выражений разработана программа “Сушка экрана” на языке Delphi 7. Интерфейс разработанной программы показан на рис. 3.

С целью учета влияния высокотемпературного нагрева на отражательную способность обогреваемой поверхности экрана при расчетах использовали линейную зависимость коэффициента отражения от степени завершенности термического разложения материала наружной обшивки экрана вида:

$$R = R_0(1 - \chi), \quad (23)$$

где R_0 — начальное (до нагрева) значение коэффициента отражения;

χ — степень завершенности процесса термического разложения материала покровного слоя.

Температурную зависимость степени завершенности процесса термического разложения материала покровного слоя определяли экспериментально методом термогравиметрии.

Как следует из работы [2], формула для входящей в выражение (15) суммарной (лучисто-конвективной) теплопроводности волокнистого сухого материала в приближении оптически толстого слоя представляется в виде:

$$\lambda_\Sigma = \lambda'(1 - \varphi_d)^{1/5} M_k + \lambda'' \varphi_d^{0.25} + \Theta T^3, \quad (24)$$

где M_k — параметр контактного сопротивления между волокнами;

Θ — параметр лучистого теплопереноса.

Зависимость от температуры теплопроводности водяного пара, заполняющего поры, аппроксимируется линейной функцией вида:

$$\lambda'' = (-5,55 + 0,0819T) \cdot 10^{-3}. \quad (25)$$

Входящая в формулу (24) пористость сухого материала находится по заданным значениям объемной плотности материала и плотности материала волокон из соотношения:

$$\varphi_d = 1 - \rho_0 / \rho', \quad (26)$$

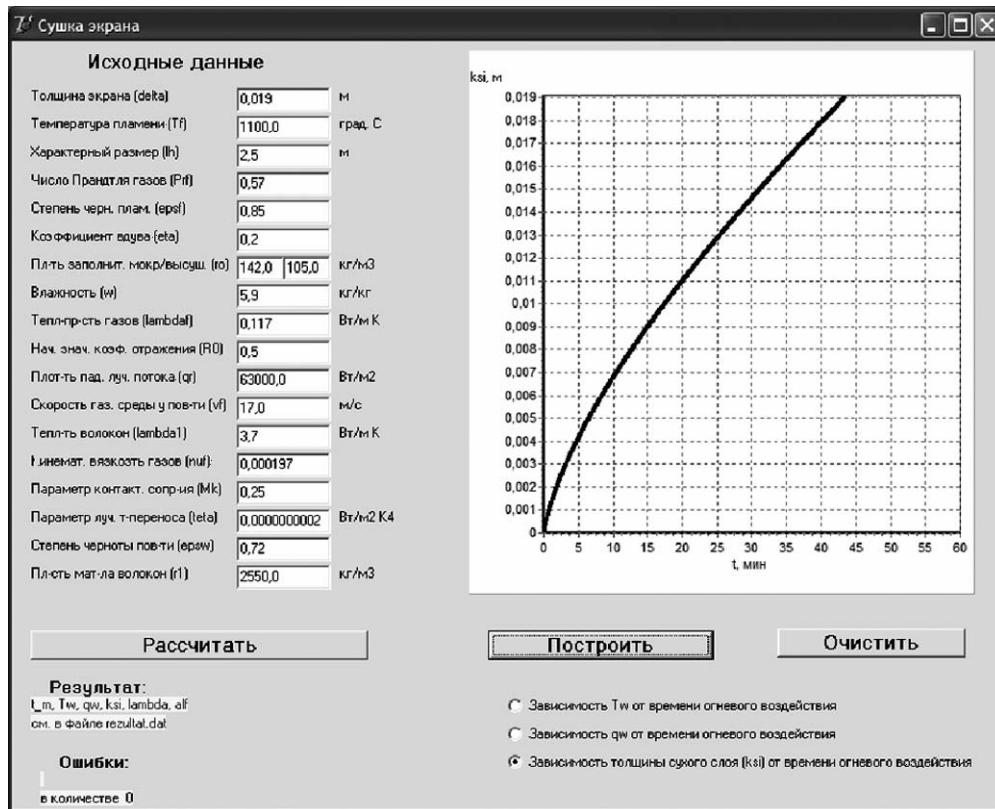


РИС. 3. Интерфейс программы
“Сушка экрана”

где ρ_0 — объемная плотность сухого пористого материала;

ρ' — плотность сухого каркаса (материала волокон).

Для определения коэффициента конвективной теплоотдачи, в случае, когда факел пламени соприкасается с поверхностью огнезащитного укрытия, используется модель продольного обтекания вертикальной плоскости потоком газа. Согласно данной модели критериальное соотношение турбулентного пограничного слоя имеет вид [2]:

$$\overline{Nu} = 0,037 \text{ Re}^{0.8} \text{ Pr}^{0.43} (\text{Pr}/\text{Pr}_w), \quad (27)$$

где $\overline{Nu} = (\bar{\alpha}_f l)/\lambda$ — среднее число Нуссельта;

$\bar{\alpha}_f$ — средний коэффициент теплоотдачи;

l — характерный размер вдоль потока газа;

$\text{Re} = wl/v$ — число Рейнольдса;

$\text{Pr} = \mu c_p/l$ — число Прандтля в ядре потока;

Pr_w — число Прандтля при температуре обогреваемой поверхности;

w — средняя скорость газа над поверхностью стены;

λ, c_p, v, μ — теплопроводность, теплоемкость, кинематическая и динамическая вязкость газа в ядре потока соответственно.

Теплофизические характеристики материалов, входящих в рассматриваемую систему, определяются по рекомендациям работы [3].

Оценку точности и достоверности полученного приближенного решения задачи сушки экрана осуществляли путем сопоставления результатов расче-

та с данными, полученными при огневых испытаниях огнезащитного укрытия с шириной основания 1,2 м, длиной 2,5 м и высотой 1,8 м. Структура огнестойкого экрана и конструкция несущего каркаса со встроенной системой орошения аналогичны примененным в огнезащитном укрытии для запорной и фонтанной арматур нефтяных скважин.

Огневое воздействие создавали горением дизельного топлива, налитого в емкости, расставленные по периметру основания огнезащитного укрытия. В процессе испытаний был обеспечен непосредственный контакт пламени с обогреваемой поверхностью огнестойкого экрана. С начала огневого воздействия осуществляли непрерывную подачу тонкораспыленной воды на обогреваемую поверхность экрана через встроенную оросительную систему. Через 18 мин от начала огневого воздействия орошение обогреваемой поверхности экрана прекратили и наблюдали процесс сушки.

В ходе эксперимента осуществляли непрерывную регистрацию температур в контрольных точках, расположенных: в пламени, на обогреваемой и тыльной поверхностях в центре боковых сторон экрана. Результаты измерений приведены на рис. 4. Процесс сушки стенки экрана характеризуется наличием “полки” в окрестности 100°C на графике температуры тыльной поверхности экрана. Длина “полки” равна времени сушки экрана. Кроме того, при помощи датчиков полного теплового потока стационарного типа, изготовленных с учетом рекомендаций работы [4] и установленных в центре бо-

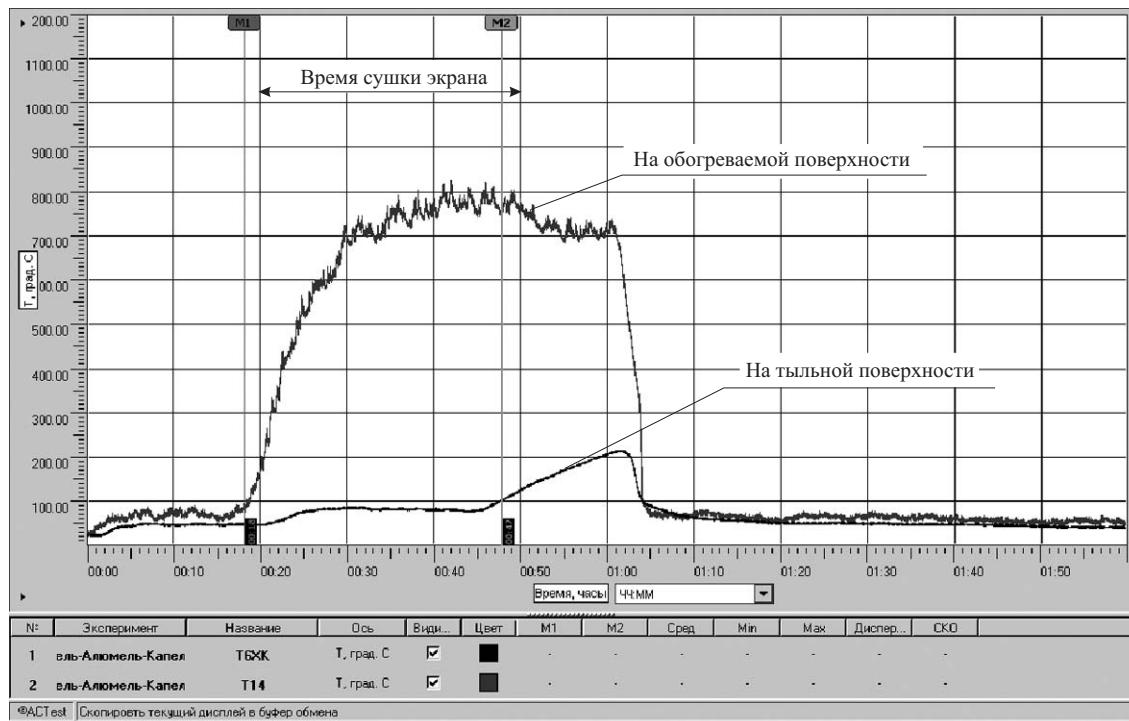


РИС. 4. Показания термопар, установленных на обогреваемой и тыльной поверхностях стенки огнестойкого экрана в центре боковой стороны укрытия

ковых сторон экрана на обогреваемой поверхности, замеряли тепловой поток q_w . Значение теплового потока q_w , определенное на 30–40-й мин сушки экрана составило $15,7 \text{ кВт}/\text{м}^2$.

Первый слой огнестойкого экрана (обогреваемая поверхность) был изготовлен из кремнеземной ткани с поверхностной плотностью $600 \text{ г}/\text{м}^2$, последний (поверхность, обращенная к защищаемому объекту) — из кремнеземной ткани с поверхностной плотностью $120 \text{ г}/\text{м}^2$, а промежуточные 4 слоя — из прошивного войлока на основе базальтового волокна с объемной плотностью $100 \text{ кг}/\text{м}^3$. Толщина стенки экрана в сухом состоянии — 18 мм.

Полученные расчетные соотношения требуют приведения многослойной стенки экрана, насыщенного водой, к однородной. Это осуществляли, приняв следующие допущения:

- характеристики обогреваемой поверхности (ε_w , χ , R_0) соответствуют первому слою;
- характеристики однородной среды стенки экрана соответствуют равномерно насыщенному водой материалу промежуточных слоев.

Содержание воды в промежуточных слоях определяли экспериментально путем смачивания образца водой и взвешивания. При этом установлено, что суммарная толщина промежуточных слоев при их насыщении водой уменьшается на 25%, вследствие чего происходит адекватное увеличение плотности ρ_0 .

При высыхании экрана его толщина увеличивается, но не достигает первоначального значения.

Расчеты по программе “Сушка экрана” применительно к случаю, указанному в описании эксперимента, проводились при следующих исходных данных:

$$\begin{aligned} \Delta &= 13,8\text{--}17 \text{ мм}; R_0 = 0,5; \\ q_R &= 25000\text{--}75000 \text{ Вт}/\text{м}^2; v_f = 17 \text{ м}/\text{с}; \\ l_h &= 2,5 \text{ м}; T_f = 1100^\circ\text{C}; \varepsilon_f = 0,85; \eta = 0,2; \\ \varepsilon_w &= 0,72; \rho' = 2550 \text{ кг}/\text{м}^3; M_k = 0,25; \\ \lambda' &= 3,7 \text{ кг}/\text{м}^3; \Theta = 2 \cdot 10^{-10} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4); \\ \rho_0 &= 142 \text{ кг}/\text{м}^3; w = 5,9 \text{ кг}/\text{кг}. \end{aligned}$$

Результаты расчетов в сравнении с данными эксперимента приведены на рис. 5–7.

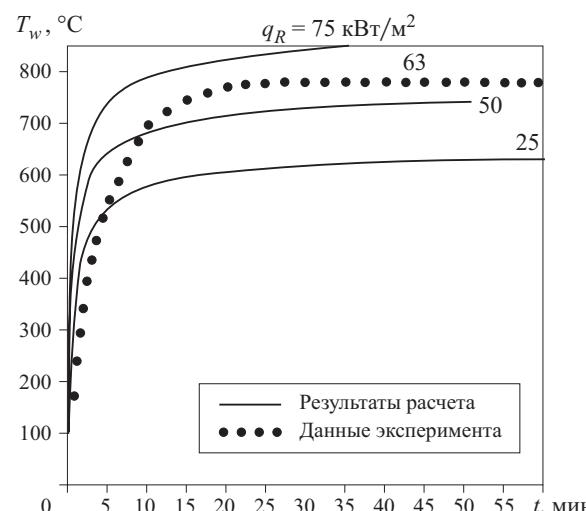


РИС. 5. Расчетные зависимости температуры обогреваемой поверхности T_w от времени сушки экрана в сравнении с данными эксперимента

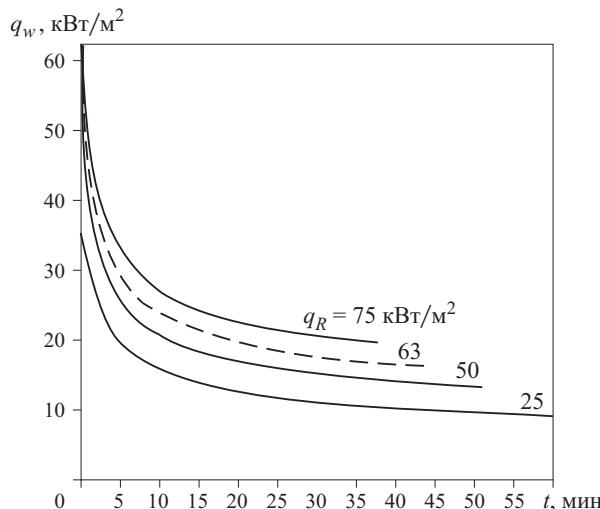


РИС. 6. Расчетные зависимости полного теплового потока, поглощаемого обогреваемой поверхностью экрана, от времени сушки

На рис. 5 точками показана зависимость температуры обогреваемой поверхности экрана, соответствующая изображенной на рис. 4. Экспериментальная зависимость $T_w(t)$ соответствует значению $q_R = 63000 \text{ Bt}/\text{m}^2$, полученному расчетом при помощи разработанной программы “Сушка экрана”. Следует отметить, что рост T_w в эксперименте на начальной стадии процесса сушки экрана менее интенсивен, чем при расчетах, что соответствует принятым допущениям.

На рис. 6 видно, что значение полного теплового потока q_w (при $q_R = 63 \text{ kBt}/\text{m}^2$) близко к замеренному в ходе эксперимента. По литературным данным [2, 5] плотность потока теплового излучения, падающего на поверхность технологического оборудования при пожаре разлитых нефтепродуктов, составляет $25\text{--}75 \text{ kBt}/\text{m}^2$.

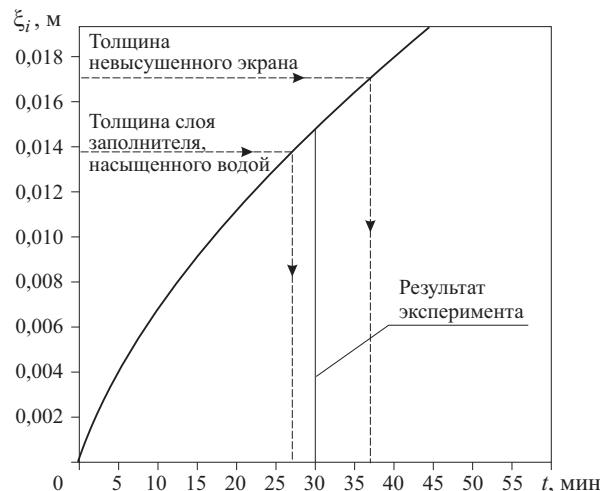


РИС. 7. Расчетная зависимость координаты фронта испарения от времени сушки экрана при $q_R = 63 \text{ kBt}/\text{m}^2$

Определенное при огневых испытаниях время сушки экрана попадает в диапазон значений, найденных расчетом (рис. 7). Нижней границей данного диапазона является время сушки экрана толщиной, равной суммарной толщине промежуточных слоев в состоянии насыщения водой, верхней — толщиной, соответствующей высушенному состоянию.

Таким образом, результаты расчета времени сушки экрана с применением зависимостей, полученных при решении одномерной краевой задачи с принятыми упрощающими допущениями, удовлетворительно согласуются с экспериментом. Разработанная математическая модель нестационарного прогрева насыщенного водой огнестойкого экрана на этапе сушки может применяться при проектировании огнезащитных укрытий по заданным габаритам защищаемого объекта и условиям теплового нагружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент RU 2229910. Способ ослабления потоков энергии в виде света, тепла и конвективных газовых потоков, огнестойкий экран и огнезащитное укрытие на его основе.
2. ГОСТ Р 1.3.047–98. Нагрузки и воздействия.
3. Страхов В. Л., Крутов А. М., Давыдкин Н. Ф. Огнезащита строительных конструкций / Под редакцией Ю. А. Кошмарова. — М.: ИИЦ “ТИМР”, 2000. — 433 с. (Руководство по пожарной безопасности подземных сооружений, в 5-ти т., т. 2).
4. Основы идентификации и проектирования тепловых процессов и систем: Учебное пособие / О. М. Алифанов, П. Н. Вабищевич, В. В. Михайлов и др. — М.: Логос, 2001. — 400 с.
5. Сучков В. П. Научные основы стандартизации в области обеспечения пожарной безопасности технологии хранения нефтепродуктов: Дис. ... докт. техн. наук. — М.: МИПБ МВД РФ, 1997.

Поступила в редакцию 22.09.05.

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ОБЪЕКТОВ

УДК 614.841.12

ПРОБЛЕМА КАТЕГОРИРОВАНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ПРИ ОБРАЩЕНИИ В НИХ ПЕРЕГРЕТЫХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ



Пузач
Сергей Викторович



Базилевич
Алексей Яковлевич



Карпенко
Денис Геннадьевич



Смагин Александр
Владимирович

С. В. Пузач

начальник кафедры инженерной теплофизики и гидравлики Академии ГПС МЧС России, подполковник внутренней службы

А. Я. Базилевич

генеральный директор
ООО «Научно-производственная фирма «Р-СКИФ»

Д. Г. Карпенко

преподаватель кафедры организации ГПН Академии ГПС МЧС России, ст. лейтенант внутренней службы

А. В. Смагин

начальник кабинета Академии ГПС МЧС России

Рассматривается проблема категорирования помещений при обращении в них перегретых теплоносителей. Предложена математическая модель расчета тепломассообмена при натекании теплоносителя в помещение, которая может стать основой для разработки методики расчета и быть включенной в соответствующие технические регламенты. Приведен пример использования модели для определения параметров термогазодинамики в помещении при натекании дифенильной смеси.

Производственные процессы с обращением в них перегретых теплоносителей используются в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и других отраслях промышленности. Они ведутся при высоких температурах (до 400°C), в большинстве случаев превышающих температуру вспышки высокотемпературных органических теплоносителей (ВОТ). При этом в аварийных ситуациях возможно поступление в объем помещения нагретого теплоносителя, его испарение и образование взрывоопасных пароаэрозолевоздушных смесей с воздухом. Взрывопожароопасность будет характеризоваться рядом параметров, определяемых условиями аварийной ситуации и характером поступления нагретого до высоких температур теплоносителя [1–6].

В результате экспериментальных и теоретических исследований пожароопасные свойства ВОТ изучены достаточно глубоко [7–16], однако в существующей научной литературе и нормативно-тех-

нических документах не приводятся в полной мере расчетные методы определения параметров взрывопожароопасности. Поэтому возникает проблема при определении интенсивности испарения и массы испарившейся жидкости для ЛВЖ, нагретых выше температуры окружающей среды, что не позволяет категорировать такие помещения [4].

Требования технологической взрывобезопасности регламентируются нормами [6], из расчетов по ним определяются недостающие параметры [4]. Согласно этому документу степень взрывоопасности технологических блоков характеризуется суммарным энергетическим потенциалом, который используется для определения массы парогазового облака, приведенного к тротиловому эквиваленту. По этим значениям производится категорирование технологических блоков по взрывоопасности.

Существуют два подхода к нормированию в области обеспечения пожаровзрывобезопасности — детерминированный (нормы и правила) [4–6] и ве-

роятностный (государственные стандарты) [1–3]. Методика расчета возможности безопасной эвакуации людей, изложенная в ГОСТ [1], является основным условием выполнения обязательных требований (отсутствие угрозы жизни и здоровью людей) [17].

При применении действующих методик по определению параметров пожаровзрывобезопасности (для пожарного надзора — НПБ [4], для Госгортехнадзора — правил [6]) возникают разногласия. Из-за этой несогласованности страдает в первую очередь собственник объекта.

Основным препятствием к решению данной проблемы являются недостаточная изученность процессов формирования и горения локальных

взрывоопасных смесей и отсутствие расчетных методов определения параметров взрывопожаробезопасности. Решение этой задачи представляется наиболее актуальным. В основу его положено определение динамики размеров зон, ограниченных концентрационными пределами горения при выходе перегретой жидккой фазы из аппарата в помещение, и, следовательно, массы смеси, которая участвует в горении.

Основой математической модели является метод расчета, подробно описанный в работах [18–21]. При этом численным способом решаются нестационарные трехмерные дифференциальные уравнения законов сохранения массы, импульса и энергии

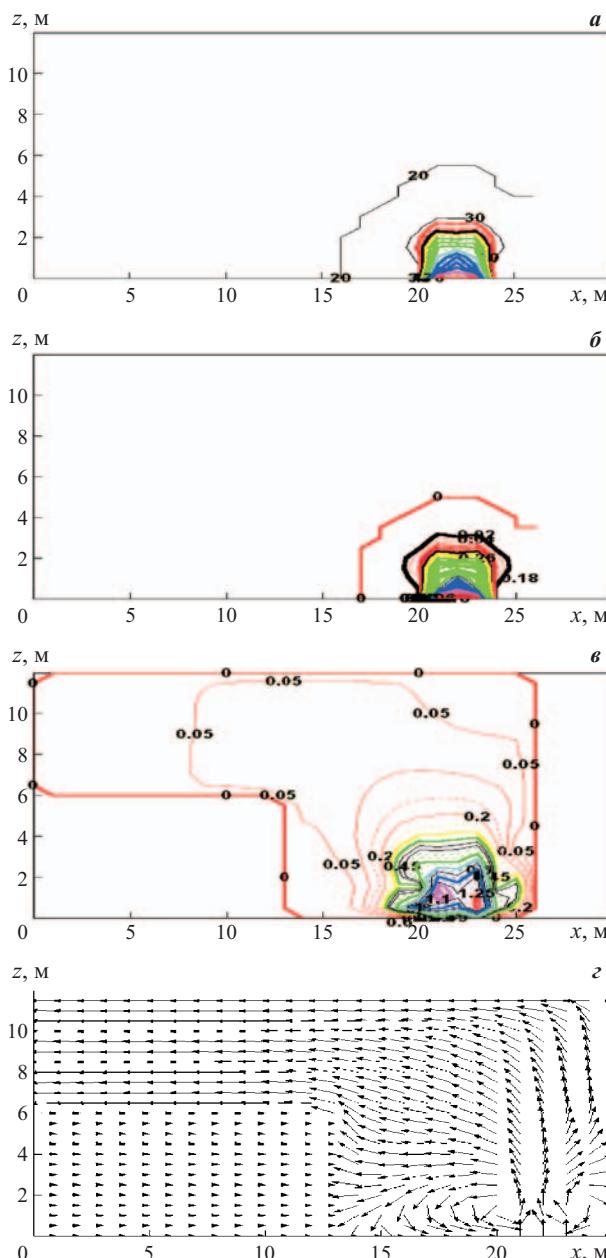


РИС. 1. Поля температур (*a*), массовых концентраций дифенила (*б*) и скоростей (*в*), а также схемы течения (*г*) в продольном сечении через 2 с от начала натекания смеси в помещение

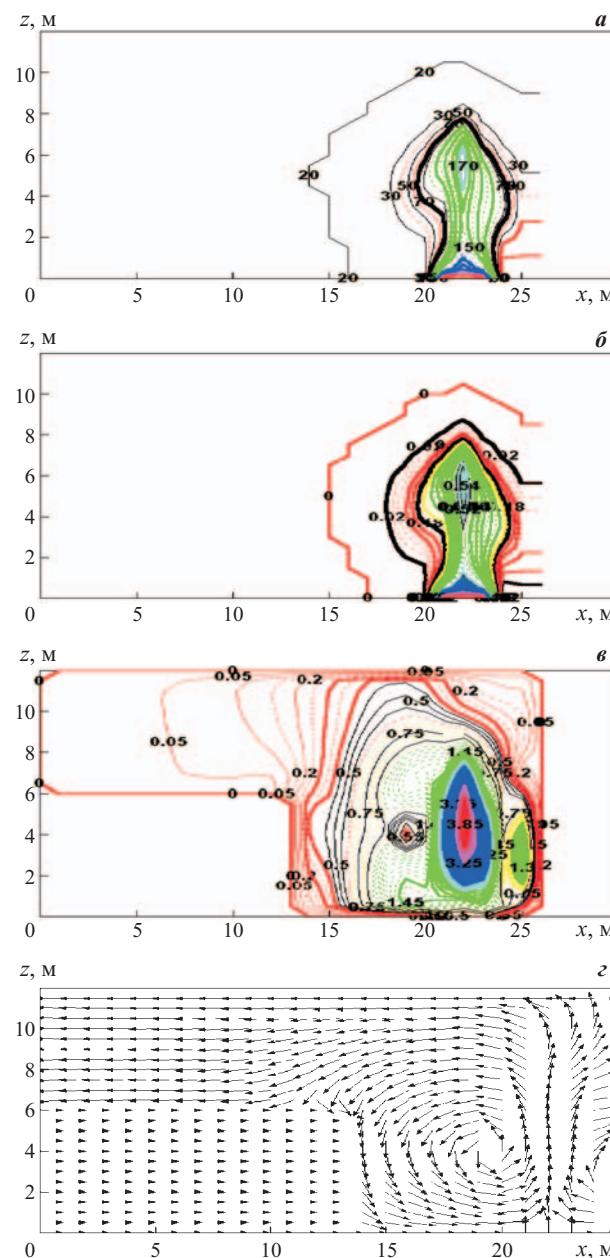


РИС. 2. Поля температур (*a*), массовых концентраций дифенила (*б*) и скоростей (*в*), а также схемы течения (*г*) в продольном сечении через 5 с от начала натекания смеси в помещение

для газовой смеси (уравнения Навье-Стокса в форме Рейнольдса), а также уравнения неразрывности для ее компонентов (кислород, азот и дифенильная смесь). Используется $k-\epsilon$ -модель турбулентности со следующим набором эмпирических констант: $C_1 = 1,44$; $C_2 = 1,92$; $\sigma_k = 1,0$; $\sigma_\epsilon = 1,3$; $C_\mu = 0,09$.

Рассматривается следующий расчетный вариант аварии: происходит полная разгерметизация испарителя, в помещение максимальным размером $26 \times 15 \times 12$ м выходят пары дифенильной смеси, на пол выливается жидкость из системы. Системы механической вентиляции и пожаротушения не включены, т.е. происходит свободное распространение паров дифенильной смеси в помещении. Масса ди-

фенильной смеси, поступающей в помещение за 12 с (время срабатывания клапанов, перекрывающих поступление дифенильной смеси на участок аварии), равна 274 кг. Температура дифенильной смеси составляет 300°C.

Массовые концентрационные пределы горения принимались равными: нижний предел $X_{\text{НКПВ}} = 0,02$; верхний предел $X_{\text{ВКПВ}} = 0,18$.

На рис. 1–3 представлены поля температур (°C), массовых концентраций дифенила и скоростей (м/с), а также схемы течения в продольном сечении помещения технологического блока в различные моменты времени от начала натекания дифенильной смеси в помещение.

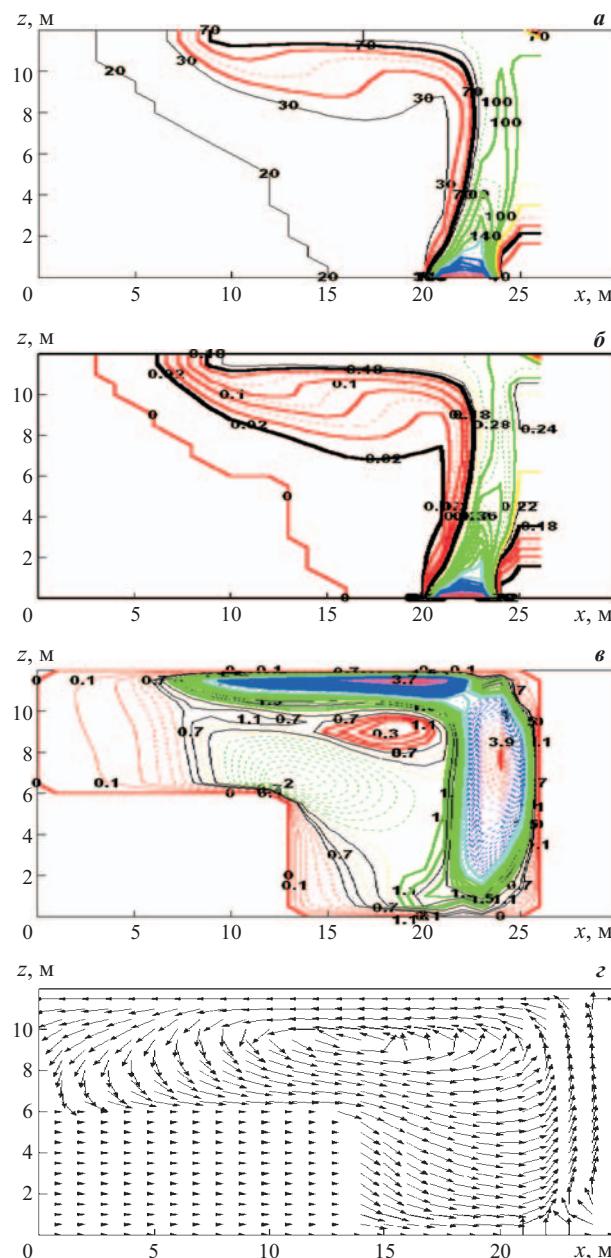


РИС. 3. Поля температур (*a*), массовых концентраций дифенила (*b*) и скоростей (*c*), а также схемы течения (*d*) в продольном сечении через 12 с от начала натекания смеси в помещение

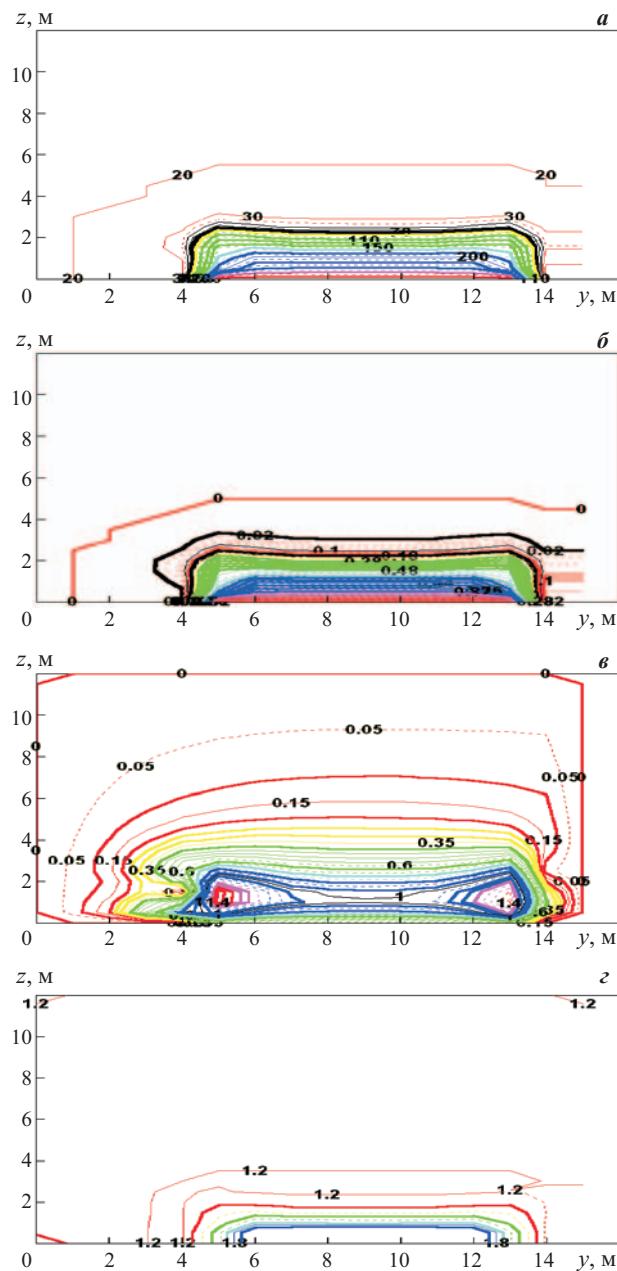


РИС. 4. Поля температур (*a*), массовых концентраций дифенила (*b*), скоростей (*c*) и плотности (*d*) в поперечном сечении через 2 с от начала натекания смеси в помещение

Поля температур, массовых концентраций дифенила, скоростей и плотности смеси ($\text{кг}/\text{м}^3$) в поперечном сечении помещения технологического блока в различные моменты времени от начала натекания дифенильной смеси в помещение приведены на рис. 4–6.

На рис. 1, *a* – 6, *a*, жирными линиями выделены изотермы с температурой 70°C (срабатывание тепловых извещателей или спринклерных оросителей). На рис. 1, *b* – 6, *b*, жирными линиями показаны нижний и верхний массовые концентрационные пределы горения смеси воздуха и паров дифенила.

Зависимости суммарной массы m_{sum} дифенильной смеси, поступающей в помещение, а также мас-

сы m_{cop} , находящейся внутри диапазона концентраций, при которых возможно горение, от времени представлены на рис. 7.

На рис. 8 приведена зависимость от времени доли $k_{cop} = m_{cop}/m_{sum}$ суммарной массы дифенильной смеси, находящейся в помещении, которая может участвовать в возможном горении.

Через 12 с от начала натекания, когда вся масса дифенильной смеси, находящейся в испарителе, поступает в помещение ($m_{sum} = 274 \text{ кг}$), $m_{cop} = 110,76 \text{ кг}$.

Таким образом, в возможном горении через 12 с от начала аварии может участвовать 40,4% всей массы дифенильной смеси, находящейся внутри аварийного участка.

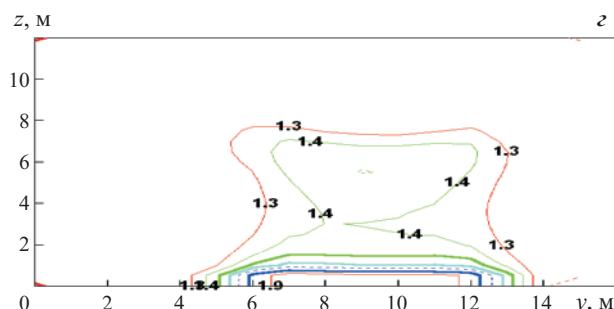
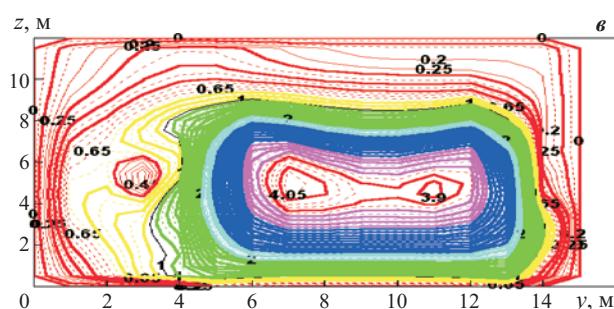
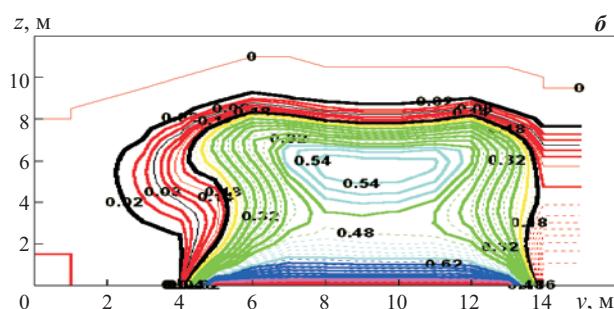
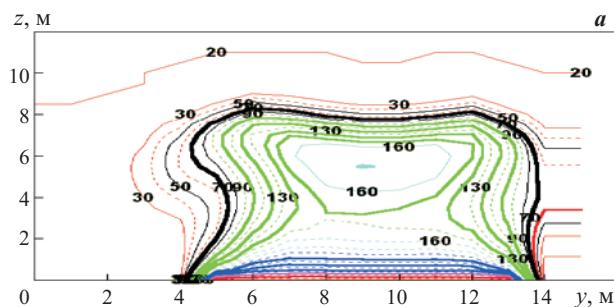


РИС. 5. Поля температур (*a*), массовых концентраций дифенила (*b*), скоростей (*c*) и плотности (*d*) в поперечном сечении через 5 с от начала натекания смеси в помещение

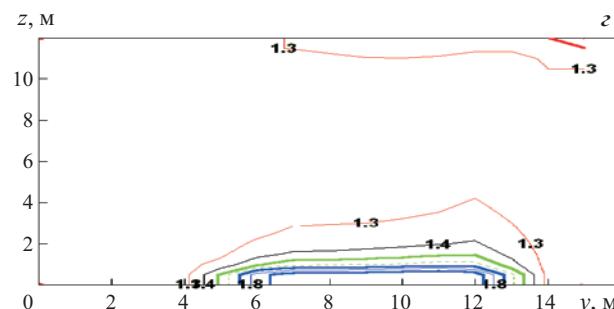
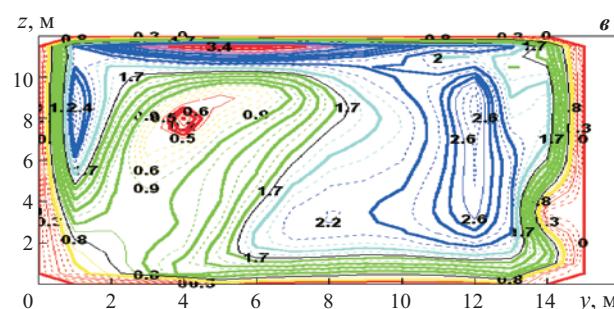
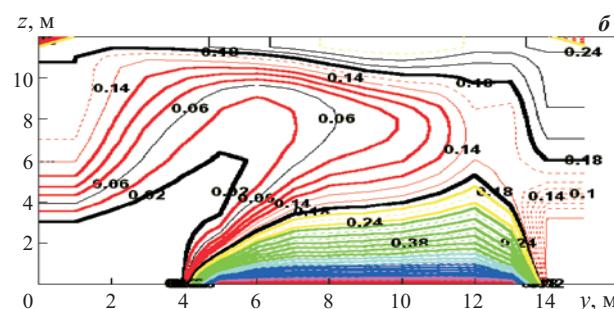
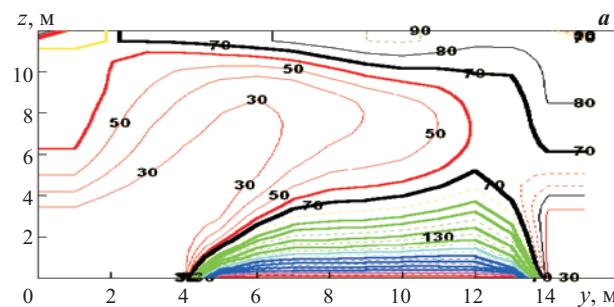


РИС. 6. Поля температур (*a*), массовых концентраций дифенила (*b*), скоростей (*c*) и плотности (*d*) в поперечном сечении через 12 с от начала натекания смеси в помещение

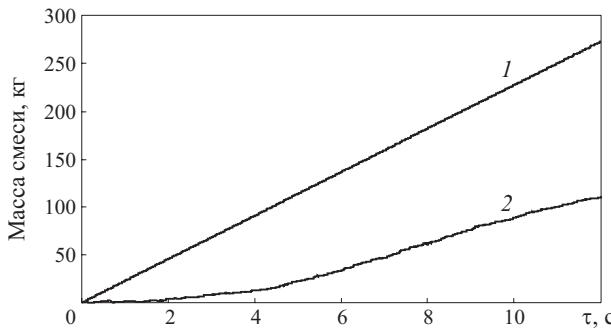


РИС. 7. Зависимость массы дифенильной смеси от времени с начала натекания: 1 — суммарной m_{sum} , поступающей в помещение; 2 — находящейся внутри диапазона концентраций, при которых возможно горение (m_{cop})

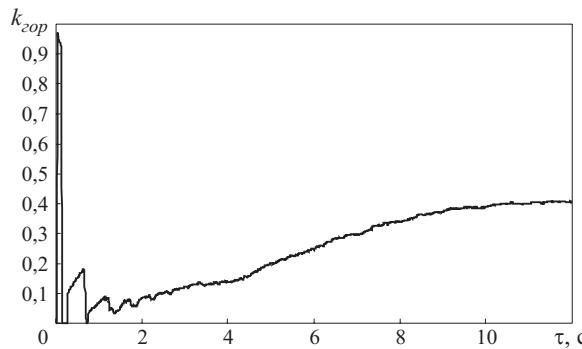


РИС. 8. Зависимость от времени доли k_{cop} суммарной массы дифенильной смеси, находящейся в помещении, которая может участвовать в возможном горении

Выводы

Решение проблемы определения параметров пожаровзрывобезопасности помещений при обращении в них перегретых теплоносителей требует разработки методики расчета, которая должна быть включена в соответствующие технические регла-

менты. Основой для указанной методики может служить использованная в данной работе математическая модель расчета тепломассообмена при натекании теплоносителя в помещение, которая позволяет определять пожароопасную долю массы перегретого теплоносителя, находящегося внутри аварийного участка.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12.1.004–91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
2. ГОСТ Р 12.3.047–98. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов.
3. ГОСТ 12.1.004–84. ССБТ. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
4. НПБ 105–03. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.
5. Правила устройства электроустановок. Разд. VIII. Электрооборудование специальных установок / Под. ред. С. Г. Королева. 5-е изд. — М.: Атомиздат, 1980.
6. ПБ 09-170–97. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств.
7. Баратов А. Н., Кривец О. П. Взрывобезопасность органических теплоносителей // Проблема безопасности при чрезвычайных ситуациях. — 1990. — Вып. 6.
8. Баратов А. Н., Рабинков В. А., Кривец О. П. К вопросу об оценке взрывобезопасности объектов с наличием высокотемпературных органических теплоносителей (ВТО) // Охрана труда в технологических процессах строительного производства: Сб. науч. тр. — Казань: КИСИ, 1988.
9. Баратов А. Н. и др. Провести исследования и разработать методику оценки взрывопожароопасности производственный помещений, связанных с возможностью возникновения горючих аэровзвесей, в том числе при выбросе жидкостей, нагретых выше температуры вспышки: Науч.-техн. отчет. — М.: МИСИ им. В. В. Куйбышева, 1989.
10. Бесчастнов М. В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение. — М.: Химия, 1991.
11. Пчелинцев В. А., Никитин А. Г., Хузиахметов Р. А. Оценка взрывопожароопасности производств, связанных с применением легковоспламеняющихся жидкостей в нагретом состоянии. — М.: ЖВХО им. Д. И Менделеева, 1985.
12. Шебеко Ю. Н., Смолин И. М., Малкин В. Л. и др. Определение характеристик испарения высокотемпературных теплоносителей // Обеспечение пожарной безопасности объектов защиты: Сб. науч. тр. — М.: ВНИИПО, 1989.
13. Смолин И. М., Шебеко Ю. Н., Малкин В. Л. и др. Закономерности испарения нагретых высокотемпературных органических теплоносителей со свободной поверхности // Обеспечение пожарной безопасности объектов защиты: Сб. науч. тр. — М.: ВНИИПО, 1989.

14. Батунер Л. И, Позин М. Б. Математические методы в химической технике. — Л.: Госхимиздат, 1963.
15. Смолин И. М., Малкин В. Л. Методика исследования пожаровзрывоопасности высокотемпературных органических теплоносителей // Пожарная опасность веществ и технологических процессов: Сб. науч. тр. — М.: ВНИИПО, 1988.
16. Баратов А. Н., Пчелинцев В. А. Пожарная безопасность. — М.: АСВ, 1997.
17. Федеральный закон “О техническом регулировании” // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2002. — № 52. — Ч. 1. — Ст. 5140.
18. Пузач С. В. Математическое моделирование распространения водорода в помещении // Известия РАН. Энергетика. — 2001. — № 2. — С. 145–152.
19. Пузач С. В., Пузач В. Г. Некоторые трехмерные эффекты тепломассообмена при пожаре в помещении // Инженерно-физический журнал. — 2001. — Т. 74, № 1. — С. 35–40.
20. Пузач С. В. Математическое моделирование тепломассообмена при решении задач пожаровзрывобезопасности. Монография. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. — 150 с.
21. Базилевич А. Я., Пузач С. В., Карпенко Д. Г. и др. Особенности разработки противопожарных мероприятий при строительстве зданий многофункционального назначения со сложной геометрией // Пожаровзрывобезопасность. — 2004. — Т. 13, № 1. — С. 20–29.

Поступила в редакцию 21.10.05.

МЕСТО СБОРА ПРОФЕССИОНАЛОВ

ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Новости
Специальная литература
Пресса

Законы
НПБ
СНИПы
ГОСТы

Обсуждения
Отзывы
Обзоры

Каталог-
справочник
пожарного
оборудования

Цены
Интернет-
магазин
Доставка



www.0-1.ru

Профессионально специализированная аудитория:

- от рядовых бойцов до руководителей У(О)ГПС
- от изготовителей и проектировщиков до заказчиков систем ОПС

Самый представительный сайт пожарной тематики:

- более 1600 посетителей ежедневно
- более 10000 просмотренных страниц в день

Тел.: (095) 771-16-74

Факс: (926) 201-00-50

E-mail: 01snab@mail.ru

URL: www.0-1.ru

ОБРАЗОВАНИЕ ВЗРЫВООПАСНЫХ ОБЪЕМОВ ПРИ АВАРИЙНОМ ПОСТУПЛЕНИИ ПРОПАН-БУТАНОВЫХ СМЕСЕЙ В ПОМЕЩЕНИЕ



Васюков
Глеб Викторович



Корольченко
Александр Яковлевич



Рубцов Владимир
Валентинович

Г. В. Васюков

*адъюнкт Академии ГПС МЧС России,
подполковник внутренней службы*

А. Я. Корольченко

*докт. техн. наук, профессор, академик МАНЭБ,
заведующий кафедрой пожарной безопасности
МГСУ, директор ИИБС*

В. В. Рубцов

*канд. техн. наук, ст. науч. сотр., член-корреспон-
дент МАНЭБ, начальник кафедры Академии
ГПС МЧС России, полковник внутренней службы*

Проанализирован характер распределения концентраций пропан-бутана в помещении объемом 44 м³ при направлении потока газа вертикально вверх и вертикально вниз. Получены уравнения, описывающие распределение концентраций пропан-бутана для этих условий. Установлено, что при определении расчетного избыточного давления взрыва пропан-бутановой смеси в помещениях, в которые возможно ее поступление, целесообразно учитывать направление потока газа.

Производственные помещения, в которых обра-щаются горючие газы или легковоспламеняю-щиеся жидкости, относятся к категории А или В по взрывопожарной и пожарной опасности. Критерием определения категории с 1987 г. является расчетное избыточное давление взрыва, которое создается при аварийном поступлении горючего газа или паров легковоспламеняющейся жидкости. Помещение следует относить к взрывопожарной категории, если расчетное давление превышает 5 кПа.

Методика категорирования помещений определена в нормах [1]. Она одинакова для всех горючих газов, в том числе и для пропан-бутана, который используется для газобаллонных автомобилей. Принятая методика с достаточно высокой точностью позволяет рассчитать избыточное давление ΔP , которое возникнет при взрыве газовоздушной смеси, образовавшейся при аварийном поступлении любого горючего газа в помещение.

Однако некоторые факторы, оказывающие существенное влияние на величину ΔP , а значит и на категорию помещений с газобаллонными автомобилями, данная методика не учитывает [2, 3]. Так, на формирование локального взрывоопасного объема горючего газа значительное влияние оказывает направление его подачи, что не отражено в нормах [1].

В данной статье рассмотрено влияние направления потока газа на формирование локального взрывоопасного объема пропан-бутана при его поступлении в закрытые помещения. В ходе исследования

этого явления экспериментально определены концентрации пропан-бутана в объеме помещения 44 м³ размером 4×5×2,2 м при подаче газа вертикально вниз и вертикально вверх, источник поступления смеси в обоих случаях находился на высоте 0,04 м. Оборудование, которое использовалось в экспериментальных исследованиях, подробно описано авторами в работе [3].

Опыты проводились при истечения пропан-бутана через отверстие диаметром 6 мм с массовой скоростью 0,001 кг/с. Температура и относительная влажность воздуха в экспериментах были одинаковыми и составляли +20°C и 69% соответственно. При этих условиях в помещение подавалось нормированное количество пропан-бутана: 50, 75, 100, 125, 150 и 200 г. При анализе на одних и тех же датчиках максимальных концентраций, образовавшихся при одинаковой массе газа, но разных направлениях потока, установлено, что концентрации в этих опытах значительно отличаются друг от друга. Четко проявляется общая закономерность: концентрации пропан-бутана при подаче газа вверх в среднем в три раза меньше образующихся при подаче газа вниз в одних и тех же точках объема помещения. Примеры указанных различий показаны на рис. 1.

Поскольку концентрации пропан-бутановой смеси в одних и тех же точках объема помещения при разных направлениях потока различны, значит и масса пропан-бутана, сосредоточенная в этих объемах, будет неодинакова. Следовательно, раз-

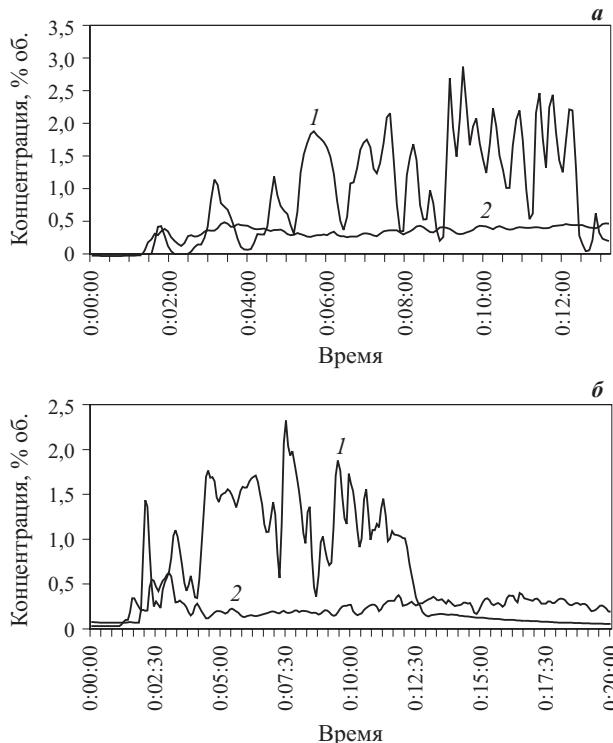


РИС. 1. Изменение концентрации пропан-бутана во времени на датчиках №2 (а) и №4 (б) [3, рис. 1] при одинаковой массе газа (100 г), но разных направлениях потока газа: 1 — вниз, 2 — вверх. Высота размещения датчика 5 см, температура воздуха +20°C, относительная влажность 69%

ным будет и коэффициент Z участия пропан-бутана во взрыве при различных направлениях подачи газа.

Для проверки данного положения были использованы принятное в нормах [1] уравнение, описывающее распределение горючего газа в закрытых помещениях и основанное на модели шлейфообразного истечения Гаусса из точечного источника в окружающую среду [4], и полученный массив экспериментальных значений концентраций. Для пропан-бутана коэффициенты K_2 и K_3 уравнения (1) работы [3] были определены по методике, изложенной в этой же работе, для случаев подачи газа вертикально вверх и вертикально вниз при температуре воздуха +20°C и влажности 69%. Необходимо было рассчитать и величину предэкспоненциального множителя C_0 в уравнении (1) [3]:

$$C_0 = 100 \frac{m}{\rho_e V_n} K_1, \quad (1)$$

где m — масса газа, поступившая в помещение, кг;

ρ_e — плотность газа, кг/м³;

V_n — объем помещения, м³;

K_1 — константа.

Значение C_0 определили эмпирически при условии, что C_0 численно равен максимальной концентрации в точке с координатами $x = 0, y = 0, z = 0$. Экспериментальные значения максимальных концент-

ТАБЛИЦА 1. Максимальные значения концентраций пропан-бутана в месте подачи газа при разных направлениях потока, температура воздуха +20°C, влажность 69%, размер помещения 4×5×2,2 м

Масса пропан-бутана, г	Направление потока газа	
	вверх	вниз
	Концентрация, % об.	
50	0,7	
75		1,8
100	0,9	2,1
125		2,3
150	1,0	
200	1,2	

раций пропан-бутана в месте подачи газа при различных массе и направлениях потока представлены в табл. 1.

С помощью программы “Advanced Grapher” проведен регрессионный анализ данных в табл. 1. По результатам анализа получены уравнения, описывающие изменение концентрации пропан-бутана от массы газа в месте его подачи в двух случаях: поток газа направлен вверх и вниз. Данные уравнения для помещения размером 4×5×2,2 м при указанных выше условиях имеют вид:

- подача газа вниз

$$C = 8m + 1,3; \quad (2)$$

- подача газа вверх

$$C = 3,2m + 0,5. \quad (3)$$

Величина стандартного отклонения в формуле (2) не превышает 0,021, в равенстве (3) — 0,026. Прямые, аппроксимирующие экспериментальные значения концентраций в месте подачи газа, представлены на рис. 2.

При подстановке полученных значений C_0 , K_2 и K_3 для разных направлений потока в уравнение (1) работы [3], выведены формулы для определения концентраций пропан-бутана в объеме помещения при следующих условиях: влажность 69%, подача газа вертикально вниз и вертикально вверх с высо-

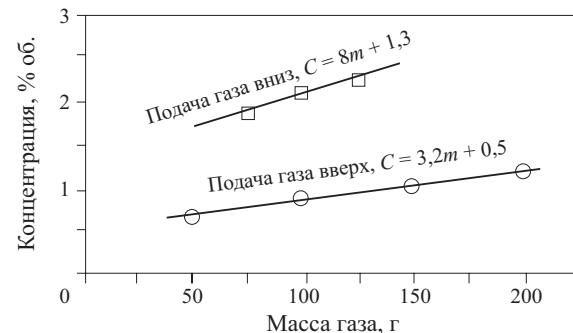


РИС. 2. Прямые, аппроксимирующие экспериментальные значения максимальных концентраций в месте подачи пропан-бутана при разных направлениях потока

ты 0,04 м. С учетом коэффициента безопасности $K_b = 1,25$ эти формулы имеют вид:

$$C = \left(\frac{100m}{\rho_e V_n} \cdot 7 + 1,3 \right) \exp \left\{ - \left[3,5 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + 3,5 \left(\frac{y}{S} \right)^2 + 96,7 \left(\frac{z}{H} \right)^2 \right] \right\}, \% \text{ об.}; \quad (4)$$

$$C = \left(\frac{100m}{\rho_e V_n} \cdot 3,5 + 0,5 \right) \exp \left\{ - \left[1,7 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + 1,7 \left(\frac{y}{S} \right)^2 + 1,6 \left(\frac{z}{H} \right)^2 \right] \right\}, \% \text{ об.}, \quad (5)$$

где L, S, H — длина, ширина и высота помещения соответственно, м;

x, y, z — координаты.

Чтобы определить, насколько точно выражения (4) и (5) позволяют прогнозировать значения концентраций пропан-бутана в объеме закрытого

помещения при разных направлениях потока, можно сравнить схемы помещений с линиями изоконцентраций, определенных экспериментальным путем и рассчитанных по полученным формулам. Для примера на рис. 3 и 4 приведены указанные схемы для массы пропан-бутана 0,1 кг.

Сравнение рис. 3, а и 4, а, показывает, что при одинаковой массе пропан-бутана, но разных направлениях потока газа, поля концентраций значительно отличаются друг от друга. Это положение не учитывается в нормах [1], где принято единое уравнение для расчета концентраций любых горючих газов, на котором основывается методика определения коэффициента Z . Вид данного уравнения и схема помещения с линиями изоконцентраций на уровне пола, построенными по нему для массы газа 0,1 кг, приведены авторами в [3, уравнение (7), рис. 8].

Анализ рис. 3 и 4 показывает:

- поля концентраций пропан-бутана при его поступлении в помещение размером $4 \times 5 \times 2,2$ м

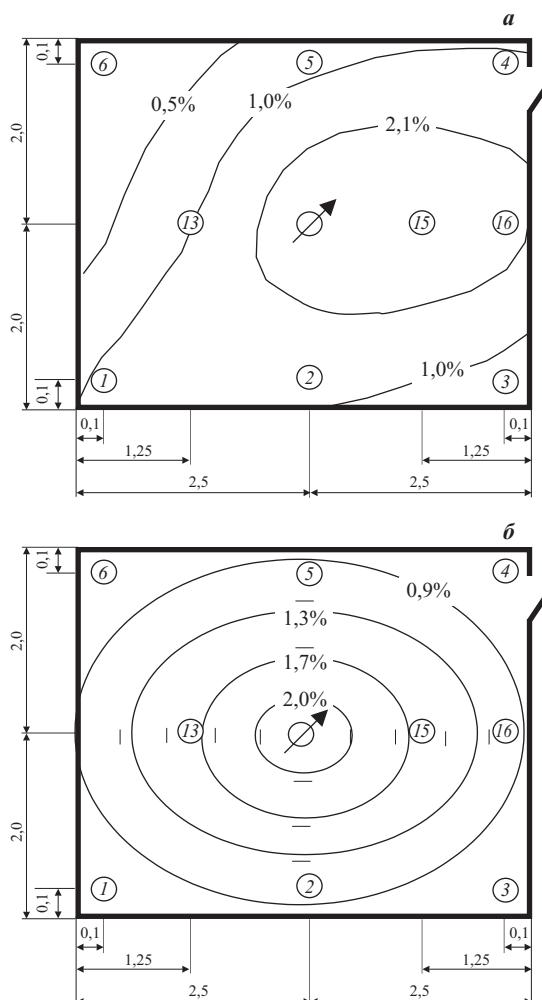


РИС. 3. Схемы помещения с линиями изоконцентраций на уровне пола, построенными по экспериментальным данным (а) и полученной формулой (4) (б). Масса пропан-бутана 0,1 кг. Подача газа вниз. Температура воздуха +20°C, влажность 69%. Высота источника поступления газа 0,04 м

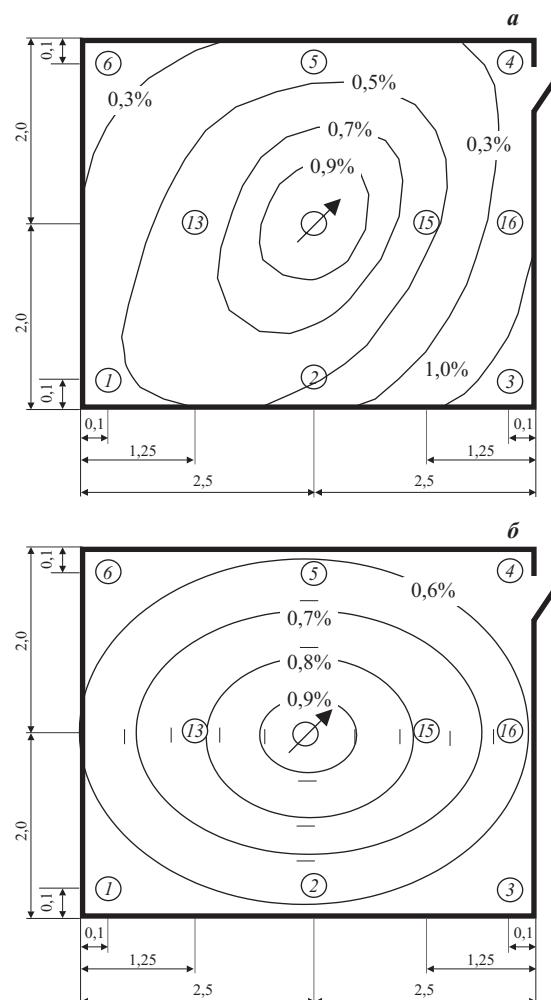


РИС. 4. Схемы помещения с линиями изоконцентраций на уровне пола, построенными по экспериментальным данным (а) и полученной формулой (5) (б). Масса пропан-бутана 0,1 кг. Подача газа вверх. Температура воздуха +20°C, влажность 69%. Высота источника поступления газа 0,04 м

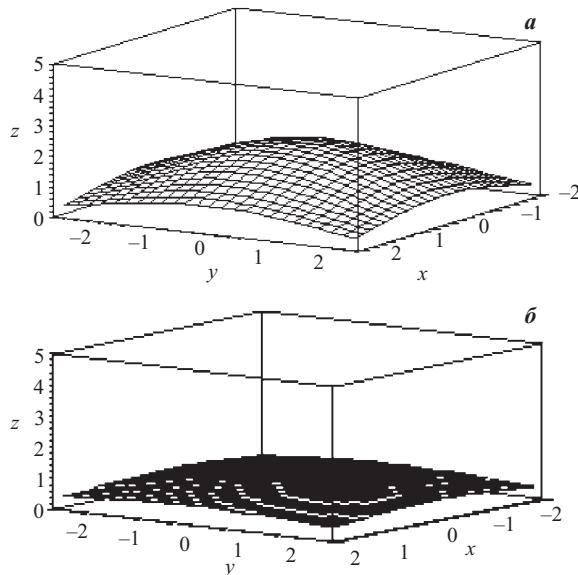


РИС. 5. Значения максимальных концентраций пропан-бутана на плоскости пола помещения размером $4 \times 5 \times 2,2$ м, рассчитанные: *а* — по формуле (4), подача газа вниз; *б* — по формуле (5), подача газа вверх. Масса газа 0,1 кг, температура воздуха $+20^{\circ}\text{C}$, влажность 69%

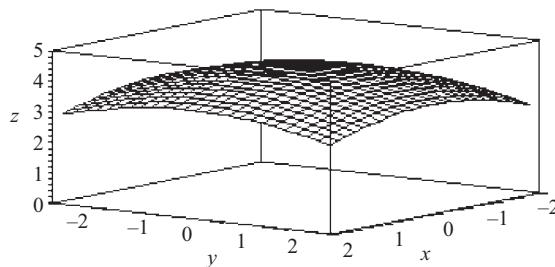


РИС. 6. Значения максимальных концентраций пропан-бутана на плоскости пола помещения размером $4 \times 5 \times 2,2$ м, рассчитанных по формуле (7) [3] при массе газа 0,1 кг

при одинаковых условиях, за исключением направления потока газа, значительно отличаются друг от друга;

- уточненные формулы (4) и (5) позволяют достаточно точно рассчитать концентрации про-

пан-бутана в объеме данного помещения при подаче газа вертикально вниз и вертикально вверх с высоты 0,04 м при температуре воздуха $+20^{\circ}\text{C}$ и влажности 69%;

- формула (7) [3], имеет значительно большую погрешность при расчете концентраций в объеме рассматриваемого помещения по сравнению с уравнениями (4) и (5).

Оценить количество горючего газа, которое будет содержаться в локальном взрывоопасном объеме при подаче 0,1 кг пропан-бутана и разных направлениях потока, можно, используя построение в трехмерном пространстве решений формул (4) и (5). Поле концентраций пропан-бутана в системе координат (x, y — ширина и длина помещения, ось z — концентрация, % об.) для 0,1 кг газа при разных направлениях потока показано на рис. 5.

Для сравнения на рис. 6 приведено поле концентраций пропан-бутана, рассчитанное для массы газа 0,1 кг по формуле (7) [3].

Анализ рис. 5 и 6 подтверждает предположение, что количество пропан-бутана, содержащееся в локальном взрывоопасном объеме, который образуется при поступлении в помещение 0,1 кг газа при разных направлениях потока, будет различным. Результаты рассчитанных концентраций смеси в закрытом помещении, основанные на принятой в нормах [1] общей для всех горючих газов формуле (7), существенно отличаются от значений концентраций, полученных по уравнениям (4) и (5), и от экспериментальных данных в сторону завышения.

В результате проведенного анализа можно заключить, что при определении расчетного избыточного давления взрыва пропан-бутановой смеси в помещениях, куда возможно ее поступление, целесообразно учитывать направление потока газа, для чего необходимо провести количественную оценку этого фактора.

ЛИТЕРАТУРА

1. НПБ 105–03. Определение категорий зданий, помещений и наружных установок по взрыво-пожарной и пожарной опасности.
2. Васюков Г. В., Корольченко А. Я., Рубцов В. В. О теории образования локальных взрывоопасных объемов пропан-бутана при его поступлении в помещения с газобаллонными автомобилями // Пожаровзрывобезопасность. — 2005. — Т. 14, № 4. — С. 23–29.
3. Васюков Г. В., Корольченко А. Я., Рубцов В. В. Влияние температуры и влажности воздуха на формирование локальных взрывоопасных объемов пропан-бутана при его поступлении в закрытые помещения с газобаллонными автомобилями // Пожаровзрывобезопасность. — 2005. — Т. 14, № 5. — С. 68–74.
4. Смолин И. М. Закономерности формирования локальных скоплений горючих газов и паров при их аварийном поступлении в производственные помещения: Дис. ... канд. техн. наук. — М., 1986. — 222 с.

Поступила в редакцию 18.11.05.

ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИЙ ПРИ ИСТЕЧЕНИИ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В ВОДОЕМЫ



Артемьев
Николай Сергеевич



Подгрушный
Александр Васильевич

Н. С. Артемьев

канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры пожарной тактики и службы Академии ГПС МЧС России

А. В. Подгрушный

канд. техн. наук, доцент, начальник кафедры пожарной тактики и службы Академии ГПС МЧС России

Проанализировано растекание нефти и нефтепродуктов при авариях на нефтебазах, магистральных трубопроводах, сливно-наливных пирсах, расположенных на берегу и в море, с целью профилактики аварий и связанных с ними пожаров. Рассмотрены методы защиты от пожара разлитой нефти и нефтепродуктов, а также ограничения растекания и сбора нефтепродуктов из воды и с берега.

Защита от растекания нефти и нефтепродуктов при авариях на нефтебазах, магистральных трубопроводах, сливно-наливных пирсах, расположенных как на берегу, так и в море, часто рассматривается с точки зрения влияния на экологию. Для ликвидации таких аварий обязательно привлекаются подразделения МЧС, в частности Государственной противопожарной службы.

Масштабы добычи, транспортировки, хранения и переработки нефти и нефтепродуктов требуют большого внимания к разработке и соблюдению мер пожарной безопасности. На первое место выходят следующие задачи:

- профилактика аварий и связанных с ними пожаров;
- прогнозирование масштабов аварийного растекания нефти и нефтепродуктов;
- расчет требуемого количества людей и техники для ликвидации аварий в короткое время с наименьшими отрицательными последствиями для экономики и экологии.

Наиболее типичными случаями загрязнения водоемов нефтью и нефтепродуктами при аварийном их истечении являются:

- аварийные ситуации с нефтеналивными танкерами и судами у сливно-наливных морских и речных пирсов;
- разрушение магистральных трубопроводов, проходящих через водоемы или вблизи них;
- аварии при эксплуатации резервуаров нефтебаз, расположенных на берегах водоемов;
- бытовые сбросы в водоемы неочищенных нефтесодержащих сточных вод предприятиями, расположенными на их берегах;

- выпуск в водоемы различными плавсредствами воды с содержанием масел и других нефтепродуктов;
- аварии на железной дороге с эшелонами, состоящими из цистерн с нефтью и нефтепродуктами, при их движении по берегу или через водоемы.

Рассмотрим первые два из вышеназванных случаев аварийных ситуаций с нефтью и нефтепродуктами при их истечении из трубопроводов в водоемы (реку или море).

При авариях трубопроводов нефть растекается по реке под воздействием ветра и течения воды, достигает ее берегов и скапливается в зарослях травы, на мелководных участках и в затонах. При изменении направления ветра нефть может перемещаться из одних зон в другие. Скорость растекания светлых нефтепродуктов (бензин, керосин, дизтопливо) меньше, чем темных (масло, нефть, мазут). На водохранилищах и реках со слабым течением воды скорость движения нефтяного пятна можно определить по формуле:

$$v_{\text{об}} = (0,03 - 0,04)v_{\text{в}}, \quad (1)$$

где $v_{\text{в}}$ — скорость приземного ветра, м/с.

Установлено, что на 1 км береговой полосы отлагаются примерно 1–2 т маловязкой нефти, 5–8 т нефти средней вязкости и 20–30 т высоковязкой и застывшей нефти.

Полное смешивание нефтепродуктов с пресной водой в реке или другом водоеме в летнее время происходит за 4–7 суток. С понижением температуры воды интенсивность перемешивания ее с нефтью и нефтепродуктами резко уменьшается.

При плотности нефти $1 \text{ т}/\text{м}^3$ возникает угроза ее осаждения на дно водоема. Однако при повышении температуры воды нефть может всплыть на поверхность водоема. При попадании нефти в воду с течением времени свойства нефти изменяются. Нефтяное пятно, взаимодействуя с водой и воздухом, окисляется, испаряется, эмульгирует, при этом изменяются его плотность и вязкость.

Изменение плотности нефти и нефтепродуктов при температуре, отличной от 20°C , можно определить по формуле:

$$\rho_t = \rho_{20} + 0,00067(t - 20), \quad (2)$$

где ρ_{20} — плотность нефти и нефтепродуктов при 20°C , $\text{кг}/\text{м}^3$;

t — расчетная температура, $^\circ\text{C}$.

Вязкость нефти и нефтепродуктов изменяется под воздействием воды, солнца и ветра. При смешивании нефти с водой получается эмульсия с вязкостью в 3 раза меньше первоначальной. Нефть с большой вязкостью не растекается по поверхности воды, а скапливается в затонах, а также отлагается толстым слоем на берегах водоемов. Сырую нефть, имеющую среднюю и большую вязкость и попавшую в воду при аварии магистрального трубопровода, убрать из воды нефтесборщиками очень трудно.

Из-за изменения свойств нефти при попадании ее в воду и отрицательного воздействия на экологию нефтяное пятно нередко безуспешно пытаются поджечь, чтобы таким тактическим приемом ликвидировать последствия аварии. Однако без специальной подготовки выполнить это не представляется возможным. Кроме того, наносится экологический ущерб природе за счет ухудшения качества воздуха вблизи места сжигания жидкости, при этом в воде остаются частицы углерода, которые необходимо убрать с поверхности водоема. Остатки нефти или нефтепродуктов движутся в воде по течению, образуя черные пятна у берегов, на мелководье, в траве и затонах.

Распространение нефти и нефтепродуктов в речном потоке крайне неравномерно и зависит от многих факторов.

Для ориентировочных расчетов площади загрязнения реки нефтью в единицу времени можно использовать следующее выражение:

$$S_{загр} = 0,08 \left[\frac{0,085 v_{meq}}{\ln(b/H_e)} \right]^{0,27}, \quad (3)$$

где v_{meq} — скорость течения реки, $\text{км}/\text{ч}$;

b, H_e — ширина и глубина реки соответственно, м .

Объем нефти, попадаемый в водоем при аварии трубопровода, можно определить по формуле:

$$Q = \mu S_{uclmeq} \sqrt{2gH}, \quad (4)$$

где S_{uclmeq} — площадь поперечного сечения круглого отверстия, из которого происходит истечение, м^2 ;
 H — напор (давление) в трубопроводе, м ;
 μ — коэффициент истечения нефти и нефтепродуктов через отверстие,

$$\mu = \frac{1}{\xi + \lambda \frac{l}{D}}; \quad (5)$$

ξ — коэффициент местного гидравлического сопротивления при выходе продукта из отверстия;

l, D — длина и диаметр трубопровода соответственно, м ;

λ — коэффициент гидравлического сопротивления трения жидкости при движении в трубопроводе,

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{D} + \frac{68}{Re_m} \right)^{0,25}; \quad (6)$$

Δ — абсолютная шероховатость трубы;

Re_m — число Рейнольдса.

Для определения ξ по графику находят коэффициент скорости φ для круглого отверстия, а затем рассчитывают ξ по формуле:

$$\xi = \frac{1}{\varphi^2 - 1}. \quad (7)$$

Истечение жидкости будет происходить при переменном напоре и уменьшающейся скорости выхода жидкости из трубопровода. Для нахождения времени опорожнения всего трубопровода используем уравнение:

$$\tau_{onop} = W_{mp}/Q, \quad (8)$$

где W_{mp} — объем жидкости в трубопроводе длиной l , м^3 ;

Q — расход жидкости из круглого отверстия, $\text{м}^3/\text{мин}$.

Скорость движения жидкости в трубопроводе можно рассчитать по формуле:

$$v_{жк} = Q/S_{uclmeq}. \quad (9)$$

Количество нефти, попадаемой из трубопровода в водоем при аварии, показано в табл. 1.

Известно, что 1 л светлых нефтепродуктов расплывается на водной поверхности по площади $\sim 1 \text{ м}^2$, а темных — в два раза меньше. Исходя из этих величин, с помощью табл. 1 можно определить площадь аварийного загрязнения водоема. При этом следует учитывать, что на поверхности воды остается около 80% большинства видов нефти и нефтепродуктов, а 20% находится в эмульгированном виде, испаряется и осаждается.

Для определения возможной площади растекания нефти и нефтепродуктов предлагается следующая формула:

$$S_{pacm} = W_{mp} k_p k_{on}, \quad (10)$$

где W_{mp} — объем жидкости в трубопроводе между задвижками, который может вытечь в водоем, л; k_p — коэффициент растекания нефти или нефтепродуктов по воде, равный $0,5\text{--}1,0 \text{ м}^2/\text{л}$; k_{on} — коэффициент, характеризующий долю нефти, оставшейся на водной поверхности, равный 0,8.

При авариях на трубопроводах, сопровождающихся большими выбросами нефти, необходимо в первую очередь как можно быстрее ограничить ее растекание по поверхности водоема. Это осуществляют с помощью ряда средств: запаны, надувные плавучие ограждения, нефтесборщики, боны.

На речных переходах магистральных нефтепроводов при обнаружении утечки нефти или нефтепродуктов необходимо принять меры к предотвращению загрязнения реки путем немедленной установки одного из названных видов ограждений по всей ширине реки (или ее части) ниже по течению на безопасном расстоянии от фронта нефтяного пятна.

На морских перевалочных нефтебазах находятся танкеры, заправляющиеся нефтью или нефтепродуктами, поэтому в случае аварии необходимо ограждать акваторию около сливно-наливного пирса, изолируя ее от моря.

На больших судоходных реках с малой скоростью течения нефть можно улавливать с помощью простейшего устройства, называемого запанью. Запань представляет собой плот из брусьев или бревен толщиной 0,16–0,2 м. К плоту крепятся вертикально и вплотную друг к другу дощатые щиты, обитые рубероидом по всей длине. Место и способ установки таких плотов-запаней зависят от скорости ветра, направления растекания нефти, рельефа реки. Если нефтяное пятно распространяется у одного берега реки, тогда один конец ограждения закрепляется в русле реки с помощью якорного устройства, а другой — у берега (рис. 1).

На реках, имеющих глубину не менее 1,5 м и скорость течения воды до 0,2 м/с, можно использовать нефтесборщик и боновые заграждения. Боновые заграждения должны храниться на нефтебазах, расположенных на берегах водоемов, а на морских сливно-наливных пирсах — в помещениях, находящихся вблизи мест их вероятной установки.

Боны изготавливаются из специальной ткани, причем длина одной секции составляет 10–25 м, высота — около 1 м. Они имеют якорные кольца, балласт из грузов, подвешенный снизу бона в специальных карманах. В готовом виде бон должен вы-

ходить из воды на 0,3 м. Двоих рабочих могут собрать и установить один бон за 3–5 мин. Боны могут храниться и транспортироваться пожарными судами.

Во время стоянки танкеров у сливно-наливных пирсов, нефтебаз под загрузкой нефтепродуктами или их сливом боновые заграждения могут устанавливаться как для каждого танкера в отдельности, так и для одновременного обслуживания нескольких танкеров (рис. 2). Если у пирса нет танкера, а нефтепродукт выходит из трубы в море, то боновое заграждение устанавливается также по приведенной схеме.

Схема установки боновых заграждений на речных переходах магистральных нефтепроводов показана на рис. 1. Для сбора нефти с поверхности воды используются нефтесборщики, насосы, простейшие дисперсные и пористые материалы (сухой торф, солома, пемза, перлит, рисовая шелуха и др.).

Иногда сырую нефть сжигают прямо на поверхности водоема. Однако из-за охлаждающего действия воды и быстрой потери легких фракций нефть сгорает неполностью. Кроме того, при повышении температуры нефти уменьшается ее вязкость, уско-

ТАБЛИЦА 1. Объем нефти, м³, попадаемой в водоем из трубопровода

Диаметр трубопровода, мм,	Расстояние между задвижками, м					
	100	500	1000	2000	5000	10000
300	7,1	35,5	71	142	355	710
500	19,6	98	196	392	980	1960
700	38,5	193	385	770	1930	3850
1000	78,5	392	785	1570	3920	7850
1200	113	565	1170	2260	5650	11300

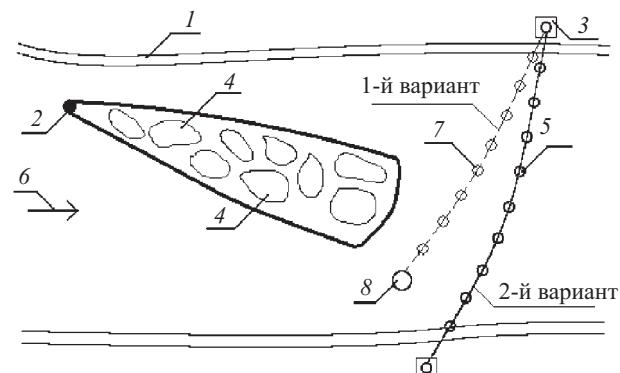


РИС. 1. Схема установки боновых заграждений на речных переходах магистральных нефтепроводов: 1 — берег реки; 2 — место вытекания нефти; 3 — береговое крепление бонового заграждения; 4 — нефтяные пятна на воде; 5 — боновые заграждения; 6 — направление течения воды; 7 — боновые заграждения с якорным устройством; 8 — якорное устройство

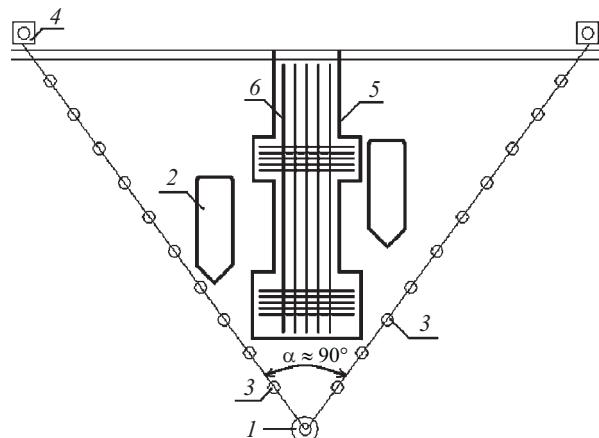


РИС. 2. Схема установки боновых заграждений для танкеров, стоящих у морского пирса нефтебазы: 1 — якорное устройство; 2 — танкер; 3 — боны; 4 — береговые крепления; 5 — сливно-наливной пирс; 6 — нефтепроводы

ряется горение и она растекается по поверхности воды тонким слоем, который не способен гореть. Водоэмульсионная смесь окисляется, становится более плотной. Сжигание нефти на поверхности воды ведет к загрязнению окружающей среды и возможным пожарам на береговой линии и пирсе. Перед сжиганием нефтяного пятна на водоеме его поливают керосином или дизтопливом по фронту движения, а затем поджигают с помощью факелов. В этом случае боновые и другие заграждения не должны находиться на водоеме, все нефтесборщики отводятся в безопасное место. По береговому периметру поджигаемого нефтяного пятна располагаются постовые с первичными средствами пожаротушения и пожарные автоцистерны для предотвращения перехода огня из водоема на береговые сооружения, травяной покров и лесные массивы.

Одним из средств ограждения нефти и огня на водоеме могут быть пожарные стволы, с помощью которых вода подается сплошными струями на поверхность водоема в нужные места.

Действия подразделений пожарной охраны и других аварийных служб должны быть направлены на решение двух задач:

- ограничение площади растекания нефтепродуктов и извлечение их из воды;
- создание водонефтяной эмульсии для уменьшения опасности возникновения горения разлитой на воде жидкости.

Эмульгирование нефтепродуктов в воде снижает опасность возникновения пожара, но очень затрудняет, а иногда делает невозможным извлечение их из воды. Кроме того, оно требует интенсивного перемешивающего воздействия.

В связи с тем, что одновременное решение двух указанных задач невозможно, необходимо четко определить, какую из задач решать первой, и выбирать соответствующие ей приемы борьбы.

Из всех возможных аварийных ситуаций можно выделить наиболее типичные:

- загрязнение окружающей среды без воспламенения жидкости;
- воспламенение и горение нефтепродуктов без угрозы распространения пожара на сливно-наливной пирс, суда, береговые сооружения;
- воспламенение нефти или нефтепродуктов с угрозой распространения горения на судно у сливно-наливного пирса или в акватории (после устранения утечки жидкости главной задачей является вывод танкера из пожароопасной зоны, а затем ликвидация возгорания или загрязнения);
- утечка нефтепродуктов и угроза возникновения пожара, а также его распространения на другие плавсредства и береговые сооружения нефтебаз.

Первой решается задача устранения угрозы пожара разлитых нефтепродуктов на всей площади, а затем ликвидируются загрязнения. Основной и самый дешевый метод защиты от пожара — эмульгирование нефти или нефтепродуктов с водой, основной способ борьбы с загрязнением окружающей среды — ограничение растекания и сбор нефтепродуктов из воды и с берега.

Эмульгирование нефтепродуктов в воде чаще всего достигается интенсивным движением пожарно-спасательных судов от границы опасной зоны с постепенным приближением к ее центру при одновременной обработке поверхности нефтепродуктов компактными струями воды. Этот метод применяется как исключение.

Многие сорта нефти (с температурой вспышки от +100 до -42°C), перемешанные в воде до состояния эмульсии, не горят при концентрации воды в нефти от 30 до 55%. Эмульгирование нефти и нефтепродуктов мощными водяными компактными струями должно производиться под определенным углом (более 45°) с минимальной высоты и при минимальном расстоянии от ствола до нефтяного пятна. Но даже при соблюдении этих требований эмульгирование нефти до нужной концентрации достигается только при достаточно продолжительной обработке мощными компактными струями из пожарных водяных стволов.

Водяные струи из лафетных стволов пожарных судов (спасателей) можно использовать для создания направленного течения воды с целью ограничения растекания и сбора нефти в малоподвижной зоне реки или моря. Однако этими струями можно ликвидировать горение жидкости по периметру разлива небольшой площади, если обеспечить подачу воды с интенсивностью не менее $0,3 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ на расчетную площадь горения.

Для ограничения растекания нефти по водоему компактные струи воды из пожарных стволов должны вводиться на удалении 30–50 м от фронта пло-

щади разлива, чтобы предотвратить разрушение пленки. Торможение растекания нефти достигается за счет формирования зоны направленных слабых потоков в воде. Для этого необходимо в течение длительного времени направлять струю в одну и ту же точку под небольшим углом к водоему. Для воздействия на нефть, находящуюся за ограничивающим ее растекание заграждением, лучше применять стволы с небольшим расходом воды. Для сгона нефти к нефтесборщику или другому устройству для ее сбора, а также с целью вымывания нефти или других нефтепродуктов из-под сооружений в ограниченные по размерам заграждения, облегчающие последующее извлечение из воды, используются компактные и распыленные струи.

Для ограничения растекания нефти или нефтепродуктов по водной поверхности могут применяться различные газовые и газоводяные струи.

На случай аварии нефтепродуктопровода разрабатывается план ее ликвидации. Оперативная часть

плана включает в себя схему продольного профиля участка магистрального трубопровода, места размещения задвижек, ситуационные планы, взрыво-пожароопасные зоны, места сбора нефти и нефтепродуктов.

Во второй части плана определяются: мероприятия по охране окружающей среды, действия бригад по локализации выхода жидкости в водоем, схема мест расположения и виды аварийно-восстановительной техники и пути ее движения, список инструментов и материалов, необходимых для ликвидации аварии.

В плане также указываются лица, ответственные за сбор продуктов загрязнения, порядок связи, освещение места аварии, материально-техническое снабжение, транспорт, организацию питания. Предусматривается порядок экстренного сбора участников ликвидации аварий, для чего используются вертолеты и автотранспорт. Разрабатывается инструкция по проведению работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Забела К. А. Ликвидация аварий и ремонт подводных трубопроводов. — М.: Недра, 1986. — 148 с.
2. Артюнов С. А. Эксплуатация нефтебаз. — М.: Недра, 1983. — 148 с.
3. Волков О. М., Проскуряков Г. А. Пожарная безопасность на предприятиях транспорта. — М.: Недра, 1981. — 256 с.

Поступила в редакцию 07.10.05.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ

УДК 614.84

ПОВЕДЕНИЕ ПЕРСОНАЛА ТОРГОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ПОЖАРЕ. Часть III. Анализ системы подготовки персонала к действиям при пожаре и рекомендации по ее совершенствованию



Шильдс Джеймс Томас



Бойс Карен



Холщевников
Валерий Васильевич



Самошин Дмитрий
Александрович

Д. Шильдс, профессор,

К. Е. Бойс, PhD, преподаватель,

Научно-исследовательский институт пожарной безопасности
FireSERT университета Ольстера (Великобритания)

В. В. Холщевников

докт. техн. наук, профессор, академик и почетный член РАЕН,
Московский государственный строительный университет

Д. А. Самошин

PhD, преподаватель Учебно-научного комплекса проблем
пожарной безопасности в строительстве Академии ГПС
МЧС России, капитан внутренней службы

Проанализирована система подготовки сотрудников торговой компании “Маркс энд Спенсер” (Великобритания), а также некоторых российских торговых компаний к действиям при пожаре. На основании изучения подготовки и поведения персонала в смоделированной ситуации “Пожар в торговом комплексе” установлена адекватность существующей системы и разработаны рекомендации по ее совершенствованию. Рассмотрены принципы поведения персонала торговых комплексов при пожаре.

Введение

В предыдущих публикациях [1] показана определяющая роль персонала при эвакуации торговых комплексов (ТК), а также их действия в смоделированной ситуации “пожар в торговом комплексе” [2]. Очевидно, что на действия сотрудников при пожаре будет влиять полученный противопожарный тренинг. В рамках данной статьи рассмотрена существующая система подготовки персонала Великобритании и нашей страны к действиям при пожаре.

1. Правовые основы действий гражданских лиц при пожаре

Федеральный закон “О пожарной безопасности” ст. 34 требует: “Граждане обязаны... до прибытия пожарной охраны принимать посильные меры по спасению людей, имущества и тушению пожара”. При этом ст. 37 этого же закона указывает: “Предприятия обязаны... обучать своих работников мерам пожарной безопасности”.

Основные требования законодательства Великобритании сформулированы в “Законе об охране труда” 1974 г. (“Health and Safety at Work Act”) и “Правилах по управлению охраной труда” 1999 г. (“Management of Health and Safety at Work Regulations”). Данные нормативные документы устанавливают обязанности обоих сторон участников процесса — нанимателя и служащего. Можно заключить, что работодатель должен обеспечить необходимую подготовку своих сотрудников к действиям при пожаре, в свою очередь служащие обязаны добросовестно участвовать в этом процессе. Что касается действий людей при пожаре, законодательно установлено, что они должны “принять посильные меры” (не подвергая свою жизнь риску) для обеспечения безопасности окружающих. Аналогичные требования выдвигают и российские нормы.

2. Методы подготовки и их эффективность

Существует множество различных методов подготовки персонала к выполнению своих обязанностей: от чтения инструкций до более сложных с

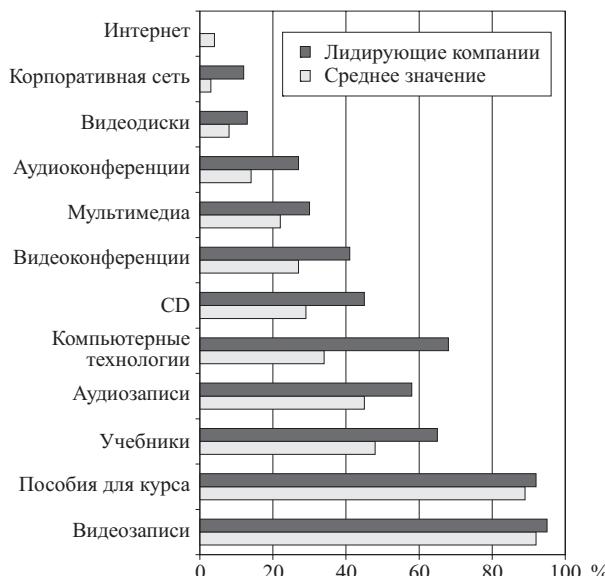


РИС. 1. Применение различных методов подготовки персонала [5]

использованием моделирования ситуации [3, 4]. Распространенность некоторых методов тренинга (данных, имеющих отношение к пожарной безопасности, обнаружить не удалось), используемых различными организациями США [5], представлена на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что наиболее популярными методами подготовки являются видеозаписи и специальные пособия для изучения курса. Интересно отметить, что компании, лидирующие в своей области, в большей мере используют различные компьютерные и другие высокотехнологичные методы тренинга персонала. В целом имеющиеся данные [3] позволяют утверждать, что в последнее десятилетие наметилась тенденция увеличения доли методов подготовки на основе компьютерных технологий.

Эффективность различных методов тренинга персонала варьируется. Бессспорно, лучший результат дает подготовка в условиях, максимально приближенных к реальным, что достигается, например, проведением неанонсированных учебных эвакуаций. Однако практика показывает, что существуют объективные трудности организации такого тренинга (материальные затраты, обеспечение безопасности и т.п.). По этим причинам для подготовки используются другие средства. Рассмотрим их эффективность на основе данных [6], показывающих процент информации, усвоенной после того или иного вида обучения:

- печатная информация (чтение) — 10%;
- лекции, аудиозапись (прослушивание) — 20%;
- слайды, плакаты, кодограммы (просмотр) — 30%;
- видеофильмы, телепрограммы (просмотр и прослушивание) — 50%;
- групповые дискуссии (проговаривание) — 70%;

- тренинг на рабочем месте, симуляция ситуации, ролевые игры (проговаривание выполняемых действий) — 90%.

Исследователям [7] удалось составить иерархию наиболее эффективных методов (сверху вниз) подготовки людей к определенной деятельности:

- ролевые игры;
- фильмы;
- плакаты;
- дискуссии.

Из приведенных данных видно, что наиболее эффективными инструментами подготовки служащих, кроме тренинга на рабочем месте, являются симуляция ситуации и ролевые игры, наименее эффективными — чтение инструкции и прослушивание лекций.

3. Подготовка к действиям при пожаре сотрудников “Маркс энд Спенсер”

Действия персонала при пожаре изложены в руководстве по охране труда компании, иллюстрируются учебным видеофильмом и отрабатываются в ходе учебных эвакуаций. Рассмотрим наиболее распространенные и эффективные методы подготовки: учебный видеофильм и учебные эвакуации.

Всем служащим при поступлении на работу в компанию показывается учебный видеофильм “Основы пожарной безопасности” продолжительностью ~10 мин. Анализ указанного фильма позволяет заключить, что в некоторых разделах противоречиво объясняются правила поведения при пожаре. Например, разделы “Действия при обнаружении пожара” и “Эвакуация при пожаре” предлагают два различных сценария поведения при обнаружении пожара: в одном случае — это тушить пожар, в другом — активировать сирену пожарной сигнализации. Также не вполне понятно, следует ли сотрудникам, обнаружившим пожар, участвовать в эвакуации. Действия при срабатывании сирены пожарной сигнализации изложены достаточно ясно — необходимо эвакуировать посетителей. Несмотря на то, что необходимость эвакуации человека на кресле-коляске подчеркивается, из фильма не совсем понятно, как это выполнить.

С учетом вышеизложенного было решено экспериментально оценить “понятность” видеофильма для обучаемых. 13 женщин среднего возраста (наиболее типичная категория сотрудников компании “Маркс энд Спенсер”), технических сотрудников Ольстерского университета, согласились принять участие в небольшом тесте.

Результаты эксперимента показали, что действия при активации сирены пожарной сигнализации однозначно изложены в видеофильме и были хорошо поняты участниками. Что касается поведения

при обнаружении пожара, ответы варьировались. Просмотрев один и тот же учебный видеофильм, участники теста описали 7(!) различных сценариев действий персонала. При этом, несмотря на то, что видеофильм однозначно показывает необходимость включения пожарной сигнализации при обнаружении пожара, 23,1% проигнорировали это требование. Более того, 38,5% участников теста решили, что эвакуация покупателей не является необходимой.

Приведенные данные позволяют предположить, что структура и содержание учебного видеофильма должны быть значительно улучшены в части рекомендаций по действиям при обнаружении пожара и проведению эвакуации, в том числе маломобильных групп населения, например человека на кресле-коляске. При этом следует иметь в виду, что участники теста были заранее проинструктированы. Более того, они были опрошены сразу же после показа, в то время как в реальной жизни чрезвычайная ситуация может возникнуть спустя месяцы и даже годы после просмотра учебного видеофильма.

Учебные эвакуации проводятся перед открытием или после закрытия магазина без участия покупателей. В ходе занятия отрабатываются действия при срабатывании системы оповещения. Таким образом, нельзя утверждать, что учебные эвакуации являются эффективным методом подготовки, так как не учитываются ситуации, возникающие при пожаре: обнаружение пожара, оповещение, организация эвакуации покупателей. Согласно полученным данным 20,9% служащих участвовали в учебных эвакуациях реже одного раза в год или совсем не принимали в них участие, остальные 79,1% — один раз в год и чаще.

4. Подготовка к действиям при пожаре персонала ТК г. Москвы

Имеющиеся данные позволяют говорить о том, что тренинг сотрудников компании “Маркс энд Спенсер” является достаточно типичным для Великобритании. Большой интерес представляет подготовка персонала ТК в нашей стране. С этой целью был проведен опрос в ряде комплексов г. Москвы (табл. 1).

Данные табл. 1 показывают, что в подавляющем большинстве (более 90%) ТК не проводятся учебные эвакуации и, что удивительно, отсутствуют планы эвакуации. Для подготовки сотрудников совершенно не используются учебные видеофильмы по пожарной безопасности. Причем недостатки организационных мероприятий по пожарной безопасности находят свое отражение и в инструкциях по действиям при пожаре (там, где они есть).

Например, в инструкции ТК “Кони-Айленд” (г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 131) указано:

“Сотрудники ТК обязаны:

- *при возникновении пожара сообщить в охрану ТЦ по тел. ... или в городскую пожарную охрану по тел. 01;*
- *приступить к тушению пожара*”.

Комментарий: по всей видимости, предполагается, что услышав сигнал тревоги, посетители самостоятельно покинут здание, и для организации их эвакуации не планируется привлекать персонал, что глубоко ошибочно.

Схожую ситуацию можно наблюдать и в других регионах России. Обратимся к инструкции ТК “Олимп” (г. Тверь, Тверской пр-т, д. 2): “*Каждый гражданин при обнаружении пожара или признаков горения обязан сообщить сотруднику службы безопасности*”. Далее текст инструкция предназначен только для сотрудника службы безопасности.

Комментарий: не планируется привлекать персонал для организации эвакуации, что приведет к значительной задержке ее начала.

Таким образом, ситуация с подготовкой персонала к действиям при пожаре в ТК г. Москвы и других регионов удручающая.

5. Оценка эффективности тренинга сотрудников “Маркс энд Спенсер”

Для оценки эффективности использовалась база данных о поведении персонала при пожаре в смоделированной ситуации “Пожар в торговом комплексе” с помощью компьютерной видеопрезентации. Были резюмированы требуемые действия сотрудников при возникновении пожара:

- срабатывание сирены пожарной сигнализации: эвакуировать покупателей — покинуть здание;
- обнаружение пламени или дыма: на основе оценки ситуации служащий принимает решение, пытаться тушить пожар или нет — активировать пожарную сигнализацию — эвакуировать покупателей — покинуть здание.

Главный критерий оценки — выполнение требуемых действий в необходимом порядке. Более сложные действия служащих и действия, которые формально не подходят под требования инструкций, но являются крайне типичными для людей в такой ситуации, также были рассмотрены как отвечающие условиям тренинга: например, исследовать ситуацию, подойдя к очагу горения, оповестить коллег и/или покупателей, нажать кнопку вызова менеджера, оглядеться. Сотрудники, которые после выполнения требуемых действий решили встретить пожарные подразделения, взять эвакуационный набор, также считались выполнившими инструкцию.

Было установлено, что среднее число служащих, следовавших инструкциям о действиях при пожаре, достаточно низкое — 37,2% [8]. Их распре-

ТАБЛИЦА 1. Результаты опроса о проведении учебных эвакуаций в ТК г. Москвы

№	Дата	Объект торговли и его месторасположение (АО г. Москвы)	Проведение учебной эвакуации	Наличие плана эвакуации	Число опрошенных
1	30.05.2004	“Копейка Супер”, ЮЗАО	Нет	Отсутствует	4
2	13.05.2004	“М-Видео”, ЮЗАО	Нет	Отсутствует	4
3	15.05.2004	“Перекресток”, ЮЗАО	Нет	Отсутствует	4
4	17.05.2004	Супермаркет, ВАО	Нет	Отсутствует	4
5	17.05.2004	Универсам, ВАО	Нет	Не на всех этажах	4
6	18.05.2004	ТД “Зенит”, ВАО	Нет	Отсутствует	4
7	18.05.2004	“Центр Ювелир”, ВАО	Да	Отсутствует	4
8	18.05.2004	“Трек Спорт”, ВАО	Нет	Отсутствует	4
9	18.05.2004	ТД “Рамстор”	Нет	Отсутствует	4
10	18.05.2004	ТД “Бемби”, ВАО	Нет	Отсутствует	6
11	19.05.2004	ТК “Авоська”, ВАО	Нет	Отсутствует	4
12	19.05.2004	“Копейка Супер”, ВАО	Нет	Отсутствует	5
13	22.05.2004	Рынок “Коньково”, ЮЗАО	Да	Отсутствует	6
14	22.05.2004	ТЦ “Кони-Айленд”	Нет	Отсутствует	4
15	17.05.2004	ТД, г. Королев	Нет	Отсутствует	4
16	17.05.2004	ТД “Астра”, г. Королев	Нет	Отсутствует	4
17	18.05.2004	ТК “Крестовский”, ЦАО	Нет	Отсутствует	4
18	18.05.2004	ТК, ЦАО	Нет	В наличии	4
19	19.05.2004	“Мосмарт”, СВАО	Нет	Отсутствует	4
20	20.05.2004	ТК “Олимпик Плаза”, ЦАО	Нет	Отсутствует	4
21	22.05.2004	ТК “Московский”, ЦАО	Нет	Отсутствует	4
22	23.05.2004	ТК “Черкизовский”, ВАО	Нет	Отсутствует	4
23	23.05.2004	ТК “Останкино”, СВАО	Нет	Отсутствует	4
24	23.05.2004	ТК “Новомитинский”, СЗАО	Нет	Отсутствует	4
25	24.05.2004	ТК “Азбука вкуса”, ЦАО	Нет	Отсутствует	4
26	24.05.2004	ТК “Садовая галерея”, ЦАО	Нет	Отсутствует	4
27	06.06.2004	ТД “Седьмой континент”, ЮЗАО	Нет	Отсутствует	4
28	06.06.2004	ТЦ “Калужский”, ЮЗАО	Нет	Отсутствует	4

Примечание. Опрос проводился без предварительного просмотра учебного видео по пожарной безопасности.

деление в зависимости от сигнала о пожаре приведено на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что доля сотрудников, выполнивших инструкции, не одинакова. Большее число служащих следовали инструкциям при срабатывании сирены пожарной сигнализации, меньшее — при обнаружении дыма, что связано с особенностями существующей системы подготовки персонала к действиям при пожаре.

Распределение служащих, которые выполнили требования инструкции в зависимости от зоны ТК, представлено на рис. 3. Подробно поведение персонала в различных зонах ТК рассмотрено в работах [1, 2] и диссертации [8].

Из рис. 3 можно видеть, что число служащих, выполнивших инструкцию, значительно ниже для работающих в торговом зале. Анализ действий показывает, что работники торгового зала склонны к активным действиям, главным образом для того,



РИС. 2. Процент служащих, следовавших тренингу в зависимости от сигнала о пожаре

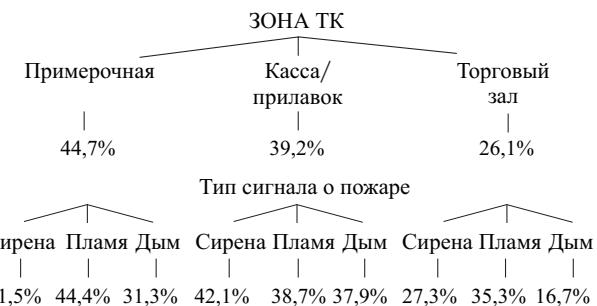


РИС. 3. Процент выполнивших инструкцию о действиях при пожаре служащих в зависимости от типа сигнала о пожаре в различных зонах ТК

чтобы исследовать ситуацию и найти менеджера. Их активность обусловлена отсутствием влияния на процесс обслуживания покупателей и, как следствие, ответственности за ошибку.

Причина относительно низкой эффективности действий сотрудников за кассой/прилавком связана с тем, что они более склонны к пассивным действиям — ждать дополнительную информацию, так как непосредственно отвечают за оплату покупок, организация же эвакуации приведет к финансовым потерям компании, что подталкивает служащих переложить ответственность на администрацию.

Высокий процент адекватных действий персонала примерочной объясняется тем, что у них есть четко очерченная зона ответственности (примерочная) и в то же время свобода передвижения.

Далее, за исключением служащих в торговом зале поведение при срабатывании сирены было более верным, чем при обнаружении дыма или пламени, в то же время действия, вызванные пламенем, эффективнее, чем спровоцированные дымом. Ситуация для торгового зала отличается — наибольшее число служащих, следующих нормам тренинга, наблюдалось в случае обнаружения пламени в ТК. Это может быть объяснено тем, что сирена и дым являются не совсем однозначными сигналами о пожаре по сравнению с пламенем, и “активные” сотрудники торгового зала тратят много усилий для сбора дополнительной информации о происходящем.

6. Влияние противопожарного тренинга на поведение персонала

Как показано в предыдущих разделах, не все служащие компании “Маркс энд Спенсер” будут выполнять противопожарные требования, несмотря на организованное обучение, состоящее главным образом из просмотра учебного видео (по результатам теста не вполне однозначного для восприятия), демонстрируемого только в начале карьеры, и отчасти в регулярных учебных эвакуациях, которые проводятся без участия покупателей и где отрабатываются действия только на случай активации сирены пожарной сигнализации. Тем не менее предполагается, что тренинг должен оказывать позитивное влияние на поведение служащих при пожаре. Ниже будет оценено, как различные компоненты тренинга (и их частота) влияют на действия персонала при пожаре.

На основании проведенного анализа системы подготовки служащих к действиям при пожаре можно предположить, что тренинг персонала осуществляется главным образом в ходе учебных эвакуаций. Их влияние на поведение при пожаре можно проследить по данным табл. 2, в которой приведены две характеристики для последующей

оценки: выполнение первых и всей цепочки действий согласно инструкций.

Из табл. 2 следует, что служащие, которые часто участвовали в учебных эвакуациях, с точки зрения пожарной безопасности ведут себя хуже, чем те, которые делали это реже: больше сотрудников будут исследовать ситуацию и меньше — эвакуировать

ТАБЛИЦА 2. Влияние учебных эвакуаций на действия персонала при срабатывании сирены пожарной сигнализации

Действие	Частота тренировок			
	Группа 1		Группа 2	
	Частота	%	Частота	%
<i>Первое действие:</i>				
— оповестить о пожаре	1	3,1	—	—
— исследовать ситуацию	16	50,0	3	27,3
— эвакуировать покупателей	12	37,5	6	54,5
— ждать дополнительную информацию	3	9,4	—	—
— покинуть здание	—	—	1	9,1
— продолжать деятельность	—	—	1	9,1
<i>Требуемая последовательность действий</i>				
(согласно инструкциям)	14	48,3	6	54,5
Всего	32	100,0	11	100,0
<i>Примечание. Группа 1 — учебные эвакуации один раз в год и чаще; группа 2 — учебные эвакуации реже одного раза в год или неучастие в них.</i>				

ТАБЛИЦА 3. Влияние учебного видеофильма на действия служащих при обнаружении пожара (дыма или пламени)

Действие	Смотрели учебный видеофильм		Не смотрели учебный видеофильм	
	Число служащих	%	Число служащих	%
<i>Первое действие:</i>				
— оповестить о пожаре	68	82,9	33	70,2
в т.ч. включить пожарную сигнализацию*	35	42,7	9	19,1
— исследовать ситуацию	8	9,8	10	21,3
— тушить пожар	1	1,2	1	2,1
— эвакуировать покупателей	1	1,2	2	4,3
— покинуть здание	1	1,2	—	—
— ждать дополнительную информацию	1	1,2	—	—
— запросить помочь	2	2,4	—	—
— тушить пожар	—	—	1	2,1
<i>Требуемая последовательность действий</i>				
(согласно инструкциям)	22	41,5	11	23,4
Всего	82	100,0	47	100,0

* Данные служащие не включены в общее число.

посетителей в качестве первого действия. В целом видно, что меньший процент персонала будет следовать требованиям инструкций. Имеющиеся данные позволяют заключить, что это связано с “блочностью” проведения учебных эвакуаций — в некоторых случаях до 10 раз в неделю (для выполнения плана подготовки).

В табл. 3 рассмотрено влияние учебного видеофильма на поведение служащих (выполнение первого и всей цепочки действий согласно инструкциям) при обнаружении пожара (дыма или пламени).

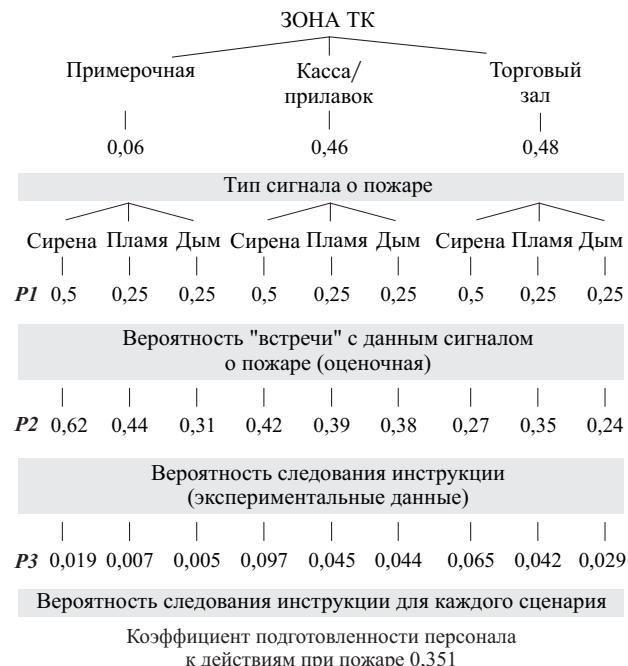
Из табл. 3 можно видеть, что служащие, смотревшие учебный видеофильм, более вероятно будут выполнять требуемые действия при обнаружении пламени или дыма. Большая доля сотрудников этой группы будет активировать сирену пожарной сигнализации (число таких служащих в два раза больше), также они менее склонны исследовать ситуацию. В общем работники, которые смотрели учебный видеофильм, более правильно ведут себя при обнаружении пожара.

7. Оценка общей подготовленности персонала к действиям при пожаре

Согласно опубликованным данным до 90% техногенных аварий и травматизма возникают из-за ошибок операторов и обслуживающего персонала. Поэтому разработаны различные методики оценки надежности людей. Наиболее известными являются HEART (от англ. Human Error and Reduction Technique — ошибки людей и методика их снижения), а также SLIM (от англ. Success Likelihood Index Method — метод определения вероятности успеха) [9]. Однако их применимость для решения задач пожарной безопасности ограничена, так как методики построены на данных из других областей. Поэтому для комплексной оценки подготовленности персонала ТК к действиям при пожаре разработана методика SFAPL (от англ. Staff Fire Action Preparedness Level — уровень подготовки персонала к действиям при пожаре).

Методика SFAPL позволяет определить число людей, подготовленных к действиям при пожаре на рассматриваемом объекте. Это дает возможность сравнения с требуемыми значениями, которые в зависимости от поставленной задачи могут варьироваться. Особенностью данной методики является то, что она учитывает именно те факторы, которые оказывают максимальное влияние на поведение людей при пожаре: зона ТК, тип сигнала о пожаре и уровень подготовленности служащего к действиям при пожаре.

В основе определения SFAPL лежит анализ различных пожароопасных ситуаций в ТК. Принимается, что пожар (горение или дым) будет обнаружен



тельствует, что особое внимание следует уделить работникам торгового зала, а также подготовке всех служащих к действиям при обнаружении возгорания или дыма.

8. Краткие рекомендации по совершенствованию системы подготовки персонала ТК к действиям при пожаре

Полученные в ходе настоящей работы данные подтверждают, что уровень подготовки персонала к действиям при пожаре зависит от общего уровня культуры безопасности руководства компании, в том числе от понимания им необходимости поддержания противопожарного режима на объекте. Поэтому рекомендуется предусмотреть обучение руководства компании и менеджеров, отвечающих за охрану труда, с целью демонстрации необходимости противопожарной подготовки сотрудников.

Анализ уровня компетентности специалистов, отвечающих за тренинг персонала в компании к действиям при пожаре, указывает на необходимость качественной подготовки такого специалиста ввиду его определяющей роли в процессе обучения.

Результаты исследования позволяют сформулировать основные требования к элементам программы обучения. При проведении учебных эвакуаций необходимо отрабатывать каждым обучаемым оповещение о пожаре и организацию эвакуации посетителей, в том числе маломобильных. При разработке сценария учебного видеофильма следует четко показывать всю требуемую последовательность действий, избегать двусмысленного толкования поведения и перегружения фильма второстепенными деталями. Опрос участников эксперимента показал, что большинство из них не имеют представления о возникновении и распространении пожара в ТК, поэтому рекомендуется включить демонстрацию пожара в сценарий. Длительность этого раздела фильма не должна превышать 10 мин.

Разработанная для сбора экспериментальных данных компьютерная видеопрезентация (КВП) может быть использована для подготовки людей к действиям при пожаре [10]. Основным преимуществом ее применения, согласно опубликованным данным, является высокий процент остаточных знаний — до 90%. Еще одним преимуществом можно считать то, что при обучении могут быть использованы различные сценарии, например пожар в тех или иных зонах ТК, появление разнообразных сигналов о пожаре и т.п. При этом более 90% служащих, прошедших обучение с помощью КВП, сочли ее очень действенным инструментом тренинга. Они утверждали, что представив себя в конкретной типичной для них обстановке, им приходилось давать не какой-то формальный ответ, а оценивать си-

туацию, описывать свое поведение и получать представление о том, что их ожидает в реальности.

Полученные данные показали, что в рассматриваемой компании, ввиду неадекватности построенной системы обучения, в качестве фактора, определяющего принятие решения, для 45,4% служащих был здравый смысл. В таком случае сотрудники склонны использовать сложившиеся в процессе нормального функционирования стереотипы поведения, не пригодные для аварийной ситуации: обращаться к вышестоящему должностному лицу для разрешения возникшей проблемы. Поэтому внимание обучаемых следует обращать на необходимость самостоятельного решения и подчеркивать отсутствие дисциплинарной ответственности за возможную ошибку.

При организации тренинга должно быть учтено влияние окружающей среды и функциональных обязанностей служащих. Например, установлено, что сотрудники за кассой ведут себя более пассивно, чем персонал других отделов. В таком случае внимание обучаемых, работающих за кассой, следует обращать на необходимость немедленного прекращения обслуживания покупателей и организации незамедлительной эвакуации.

Анализ процесса эвакуации торговых зданий позволяет рекомендовать уделять значительное внимание служащим, психологически более подготовленным к действиям в аварийной ситуации, что можно выявить, проводя обучение с помощью КВП. Представляется целесообразным внести изменения в условия их трудового договора, в которых будут отражены такие дополнительные обязанности, как действия при пожаре, предусматривая при этом повышение оплаты труда.

По мнению одного из ведущих специалистов в области тренинга Л. И. Голдштейна, одной из главных проблем неэффективности системы подготовки является отсутствие ее мониторинга и диагностики. Одним из наиболее эффективных инструментов решения этой задачи является применение КВП, так как база данных по поведению людей в смоделированной ситуации “Пожар в торговом комплексе” будет являться достаточным материалом для анализа текущей системы тренинга. Таким же образом можно установить оптимальную частоту участия в учебных эвакуациях и проведения семинаров по действиям при пожаре (в том числе с просмотром видеофильма).

Многочисленные инструкции требуют тушить пожар (в том числе с использованием огнетушителя), “если это безопасно”. Однако для этого необходимо предоставить возможность быстро оценить опасность пожара. Подробных данных на этот счет нет. Для принятия такого решения предлагается диаграмма (рис. 5) для определения безопасных размеров пожара с точки зрения тушения его одним

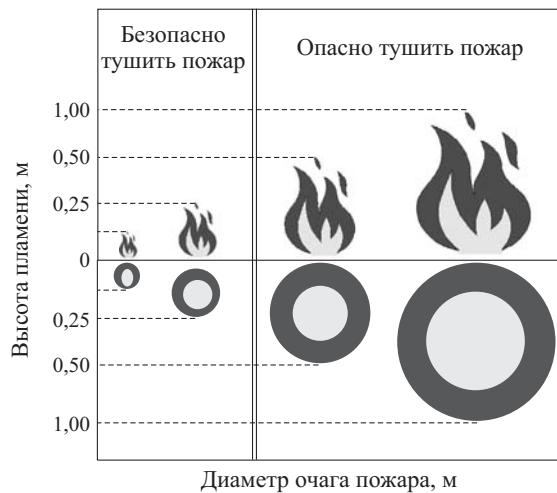


РИС. 5. Тушение пожара и характеристика очага горения

человеком (специально не подготовленным к такой деятельности) с помощью огнетушителя, находящегося в непосредственной близости. При размещении огнетушителя в удаленных помещениях человеку без специальной подготовки рекомендуется отказаться от тушения пожара, превышающего указанные размеры, ввиду того, что за время доставки огнетушителя зона горения может принять значительные масштабы.

КВП можно также представить в виде самостоятельного инструмента для повышения уровня подготовки людей к действиям при пожаре [11]. База данных по результатам ответов на смоделированную ситуацию окажет помощь в выборе служащих, наиболее подготовленных к действиям при пожаре, а также позволит проанализировать существующую систему тренинга.

Заключение

Проанализированы различные стороны подготовки сотрудников ТК к действиям при пожаре. Рассмотрены законодательные аспекты участия граждан в поддержании и функционировании противопожарного режима объекта, а также эффективность различных методов тренинга.

Анализ системы подготовки персонала британской компании “Маркс энд Спенсер” (достаточно типичной для этой страны) показал, что существующие методы недостаточно эффективны. Опрос персонала ТК г. Москвы продемонстрировал, что подготовка сотрудников к действиям при пожаре отсутствует почти повсеместно.

Исследовано влияние различных компонентов тренинга на поведение людей. Установлено, что ввиду неадекватности сценариев учебных эвакуаций они не оказывают положительного влияния на поведение персонала. В то же время просмотр учебного видеофильма (даже имеющего определенные

недостатки) делает поведение служащих более правильным с точки зрения пожарной безопасности.

На основе результатов исследования разработаны рекомендации по совершенствованию системы противопожарной подготовки. Важнейшей составляющей комплекса мер является повышение культуры безопасности руководства компаний. Впервые даны рекомендации по безопасному тушению пожара в начальной его стадии людьми без специальной подготовки.

Общие выводы по исследованию процесса эвакуации ТК

1. Анализ процесса эвакуации торговых зданий позволил выделить две характерные группы людей — покупатели и персонал, различие в поведении которых обуславливается их деятельностью до пожара. Исследование поведения представителей указанных групп показало, что процесс эвакуации из здания определяют действия персонала. Описания реальных пожаров и натурных наблюдений видеозаписей эвакуации ТК свидетельствуют, что неадекватное поведение персонала при пожаре как правило приводит к массовой гибели людей, в то же время правильные и своевременные действия ведут к успешной эвакуации из здания.

2. Для изучения поведения сотрудников при пожаре была разработана принципиально новая методика сбора данных — интервьюирование с помощью КВП, что впервые позволило исследовать действия людей в ситуациях, определяющих процесс эвакуации. Сравнение данных, полученных с помощью КВП и в ходе натурных наблюдений процесса эвакуации торговых зданий, позволило сделать вывод о достоверности полученной с помощью КВП информации.

3. Исследована совокупность факторов, которая в рамках концепции “человек — среда — пожар” определяет поведение персонала при пожаре. Изучение позволило установить влияние типа сигнала о пожаре, функциональных обязанностей персонала в рассматриваемой зоне ТК и противопожарной подготовки на действия служащих при пожаре.

4. Критический анализ всех элементов типовой системы подготовки персонала общественных зданий к действиям при пожаре (на примере компании “Маркс энд Спенсер”) показал ее неэффективность и позволил определить причины, приводящие к отрицательным результатам в чрезвычайной ситуации. Количественно описывая эффективность системы, отметим, что только 37,2% служащих компаний от общего числа участвовавших в исследовании выполнили действия, предписываемые инструкциями о поведении при пожаре.

5. На основе исследования предложена концепция подготовки сотрудников к действиям при пожаре. Основными элементами системы тренинга являются:

- повышение культуры безопасности руководства компании;
- подготовка персонала квалифицированными специалистами, в том числе с использованием современных технологий обучения на основе ЭВМ и учебных материалов, разработанных с

учетом установленных особенностей поведения людей при пожарах;

- постоянный мониторинг результатов тренинга;
- совершенствование системы подготовки на его основе.

Реализация вышеуказанных мероприятий (проводимая в настоящее время) позволит снизить время задержки начала эвакуации до незначительных величин (несколько секунд).

ЛИТЕРАТУРА

1. Шильдс Д., Бойс К. Е., Холщевников В. В., Самошин Д. А. Поведение персонала торговых комплексов при пожаре. Часть I. Анализ реальных пожаров и видеозаписей неанонсированных эвакуаций с целью количественного и качественного описания влияния персонала на ход эвакуации // Пожаровзрывобезопасность. — 2005. — Т. 14, № 1. — С. 44–52.
2. Шильдс Д., Бойс К. Е., Холщевников В. В., Самошин Д. А. Поведение персонала торговых комплексов при пожаре. Часть II. Действия в смоделированной ситуации “Пожар в торговом комплексе” // Пожаровзрывобезопасность. — 2005. — Т. 14, № 3. — С. 12–23.
3. Goldstein I. L. Training in organisation: Needs Assessment, Development and Evaluation. 3rd Ed., Pacific Grove, CA: Brooks/Cole.
4. Garne R. M. Learning outcomes and their effects: useful categories of human performance // American Psychologist. — 1985. — № 39. — P. 377–385.
5. Bassi L. J., Van Buren M. E. The 1998 ASTD State of the Industry Report // Training and Development. — 1998. — V. 52. — P. 21–43.
6. The Handbook of Health and Safety Practice. Sixth edition. J. Stranks. (Ed). — Pearson Education Limited, Edinburgh-London, 2003.
7. Pirani M., Reynolds J. Gearing up for Safety // Personal Management. — 1976. — № 8. — P. 25–29.
8. Samochine D. A. Toward an Understanding of the Concept of Occupancy in relation to staff behaviour in fire emergency evacuation of retail stores: PhD Thesis. — University of Ulster, 2004.
9. Kirwan B. B. A guide to practical human reliability assessment. — London: Taylor & Francis, 1994.
10. Samochine D. A., Boyce K. E., Shields T. J. An investigation into staff behaviour in unannounced evacuations of retail stores — implications for training and fire safety engineering // 8th International Symposium Fire Safety Science. — Chine, Beijing, 2005. Accepted for publication.
11. Samochine D. A., Shields T. J., Boyce K. E. Development of a fire safety training tool for staff in retail stores // Proceedings of the Third International Symposium on Human Behaviour in Fire. — Belfast, UK, 2004. — P. 355–366.

Поступила в редакцию 14.11.05.

Моделирование пожаров

УДК 614.841

ОСНОВЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА РАСЧЕТА РАЗВИТИЯ ПОЖАРА В ЗДАНИИ ПРИ РАБОТЕ ПРОТИВОДЫМНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ



Овсянников
Михаил Юрьевич

М. Ю. Овсянников

канд. техн. наук, доцент, Ивановский институт ГПС МЧС России

В соответствии с положениями интегрального метода термодинамического анализа пожара в помещении определены основы аналитического метода расчета динамики опасных факторов пожара (ОФП) в помещении с очагом, расположенным в здании. Рассмотрен режим развития пожара при работе механической вентиляции, характеризующийся поступлением наружного воздуха в помещение с очагом пожара через смежное помещение. Приведены результаты экспериментальных исследований. Получены аналитические решения уравнений пожара, описывающие динамику ОФП в помещении, определена критическая продолжительность пожара (КПП) при горении горючей жидкости (ГЖ), что позволяет определить необходимое время эвакуации людей из помещения с очагом горения.

В работах [1, 2] и др. отмечено, что нормативные документы [3, 4] предусматривают устройство удаления дыма из ряда помещений, если время заполнения их дымом не превышает времени, необходимого для безопасной эвакуации людей. Это касается помещений категорий А и Б независимо от времени заполнения дымом и помещений без естественного освещения. Нормативные документы [3, 4] в отличие от норм [5] определяют расчетную схему организации газообмена (модель развития пожара в помещении): по периметру очага пожара — зонная модель; по защите дверей эвакуационных выходов от проникания дыма за их пределы — интегральная модель. ГОСТ [6] позволяет рассчитать КПП при условии достижения каждым из ОФП предельно допустимых значений в зоне пребывания людей для начальной стадии пожара, когда проем работает только на выталкивание газов из помещения.

В общем случае определение изменения ОФП в помещении с течением времени, КПП основано на решении систем дифференциальных уравнений интегральной, зонной или полевой моделей развития пожара с использованием ЭВМ [7–9].

К недостаткам нормирования вытяжной противодымной вентиляции для удаления продуктов горения при пожаре, когда необходимо выполнение условия защиты дверей эвакуационных выходов от проникания дыма за их пределы, можно отнести отсутствие инженерных аналитических решений, позволяющих определить динамику ОФП и КПП в по-

мещении с очагом горения и необходимое время эвакуации людей из этих помещений.

В связи с этим актуальной задачей обеспечения безопасной эвакуации людей из помещения с очагом пожара при работе вытяжной противодымной вентиляции для удаления продуктов горения по условию защиты дверей эвакуационных выходов от проникания дыма за их пределы является разработка методики расчета ОФП и КПП на основе исследований интегральной модели развития пожара.

В публикациях [1, 2, 10–13] и др. рассмотрено развитие пожара в двух смежных помещениях, имеющих один общий проем и проем, связанный с атмосферой. В настоящей работе изложены основы получения аналитического метода расчета ОФП и, следовательно, КПП, а также необходимого времени эвакуации людей из помещения с очагом пожара, расположенным в здании. Рассмотрение основ проведено в размерном виде на примере использования интегральной модели развития пожара для двух смежных помещений и результатов экспериментальных исследований горения ГЖ. Площадь очага горения ГЖ фиксирована и меньше площади пола помещения.

Очаг горения расположен в помещении, не связанном с атмосферой, в нем устроена противодымная вентиляция — вытяжная механическая. Параметрам, описывающим развитие пожара, присвоены индексы: 1 — для первого помещения, не связанного с атмосферой; 2 — для второго ($i = 1, 2$). Проемы, расположенные в вертикальных конструк-

циях помещений, имеют прямоугольную форму. Развитие пожара характеризуется незначительным изменением внутренних энергий сред помещений, следовательно, с достаточной точностью справедливо соотношение:

$$\rho_{m1}T_{m1} = \rho_{m2}T_{m2} = \rho_a T_a, \quad (1)$$

где ρ_{m1} , ρ_{m2} , ρ_a — средняя плотность газовой среды в первом и втором помещениях и плотность атмосферы соответственно, кг/м³;

T_{m1} , T_{m2} , T_a — средняя температура газовой среды в первом и втором помещениях, температура атмосферы соответственно, К.

При рассмотрении режима газообмена, характеризующегося поступлением воздуха через проемы в первое помещение, уравнения развития пожара запишутся в следующем виде [1, 2]:

- уравнение материального баланса для первого и второго помещений:

$$V_1 \frac{d\rho_{m1}}{d\tau} = G_2 + \psi_1 - G_e; \quad (2)$$

$$V_2 \frac{d\rho_{m2}}{d\tau} = G_{e2} - G_2; \quad (3)$$

- уравнение сохранения энергии:

$$m_3 C_{pm1} G_e T_{m1} + Q_{w1} - m_2 C_{pm2} G_2 T_{m2} = \psi_1 \eta Q_n^p + q_n \psi_1; \quad (4)$$

$$C_{pb} G_{e2} T_a - m_2 C_{pm2} G_2 T_{m2} - Q_{w2} = 0. \quad (5)$$

Дифференциальные уравнения, описывающие процесс изменения парциальной плотности кислорода ρ_{k1} и продуктов горения ρ_{e1} , оптической концентрации дыма μ_{m1} в первом помещении имеют вид:

$$V_1 \frac{d\rho_{k1}}{d\tau} = -\eta L_{k1} \psi_1 + \frac{\rho_{1e}}{\rho_a} G_2 - \frac{\rho_{k1}}{\rho_{m1}} G_e; \quad (6)$$

$$V_1 \frac{d\rho_{e1}}{d\tau} = \eta L_{e1} \psi_1 - \frac{\rho_{e1}}{\rho_{m1}} G_e; \quad (7)$$

$$V_1 \frac{d\mu_{m1}}{d\tau} = D_1 \psi_1 - \mu_{m1} \frac{G_e}{\rho_{m1}} + k_{cl} F_{w1}, \quad (8)$$

где G_e — массовый расход удалаемых газов, $G_e = W \rho_{m1}$, кг/с;

F_{w1} — площадь поверхности первого помещения (потолка, пола, стен), м²;

G_2 , G_{e2} — расход воздуха, поступающего из второго в первое помещение и из атмосферы во второе помещение соответственно, кг/с;

ψ_1 — скорость выгорания горючего материала, кг/с;

q_n — теплота продуктов газификации (пиролиза, испарения) горючего материала, Дж/кг;

Q_{wi} — тепло, поглощаемое за единицу времени ограждающими конструкциями i -го помещения, Вт;

Q_n^p — теплота сгорания горючего материала, Дж/кг;

C_{pm1} , C_{pb} — средняя теплоемкость газов, воздуха при постоянном давлении, Дж/(кг·К);

η_1 — коэффициент полноты сгорания единицы массы материала;

m_i — коэффициент, учитывающий неоднородность температурных полей газов в помещениях;

V_i — объем i -го помещения, м³;

W — объемный расход удалаемых газов, м³/с;

L_{k1} — стехиометрический коэффициент для кислорода (количество кислорода, необходимое для сгорания единицы массы горючего материала), кг/кг;

L_{e1} — стехиометрический коэффициент для продукта горения (количество продукта горения, образующегося при сгорании единицы массы горючего материала), кг/кг;

μ_{m1} — среднеобъемная оптическая плотность дыма, Нп·м²;

$\rho_{1e}/\rho_a = x_{k1}$, $\rho_{k1}/\rho_{m1} = x_{e1}$ — средние массовые доли компонентов газовой среды в помещении;

D_1 — дымообразующая способность горючего материала, Нп·м²/кг;

k_{cl} — коэффициент седиментации частиц дыма на поверхности ограждающих конструкций, Нп/с;

τ — время, с.

Принято, что величины η_1 и D_1 остаются неизменными и равными своему среднему значению на рассматриваемом интервале времени, кроме того, $V_1 = \text{const}$. Уравнения (7) и (8) учитывают, что содержание токсичных продуктов сгорания в воздухе, поступающем в первое помещение, пренебрежительно мало или они, как и дым, в смежном помещении отсутствуют. Из условия поступления наружного воздуха в первое помещение следует $\rho_{m2} = \rho_a$, $Q_{w2} = 0$, $G_2 = G_{e2}$, $m_2 = 1$, $C_{pm2} = C_{pb}$.

Уравнения развития пожара после подстановки из формулы (4) в выражения (2) и (6) преобразуются к виду [1, 2]:

$$V_1 \frac{d\rho_{m1}}{d\tau} = [m_3 C_{pm1} G_e T_{m1} + Q_{w1} - \psi_1 (\eta Q_n^p + q_n)] / (C_{pb} T_a) + \psi_1 - G_e; \quad (9)$$

$$V_1 \frac{d\rho_{k1}}{d\tau} = -\eta L_{k1} \psi_1 + \frac{\rho_{1e}}{\rho_a} \times \times \frac{m_3 C_{pm1} G_e T_{m1} + Q_{w1} - \psi_1 (\eta Q_n^p + q_n)}{C_{pb} T_a} - \frac{\rho_{k1}}{\rho_{m1}} G_e; \quad (10)$$

$$V_1 \frac{d\rho_{e1}}{d\tau} = \eta L_{e1}\Psi_1 - \frac{\rho_{e1}}{\rho_{m1}} G_e; \quad (11)$$

$$V_1 \frac{d\mu_{m1}}{d\tau} = D_1\Psi_1 - \mu_{m1} \frac{G_e}{\rho_{m1}} + k_{c1}F_{w1}. \quad (12)$$

Уравнения пожара (9) – (12) содержат неизвестные функции ρ_{m1} , ρ_{k1} , ρ_{e1} , μ_{m1} , определяющие ОФП, значения которых перед началом пожара задаются начальными условиями ($\tau = 0$): $\rho_{m1} = \rho_a$ или $T_{m1} = T_a$; $\rho_{k1}/\rho_a = \rho_{1e}/\rho_a = 0,23$; $\rho_{e1} = \rho_{e10} = 0$; $\mu_{m1} = \mu_{m10} = 0$, независимой переменной является τ . Скорость выгорания горючего материала и тепло, поглощаемое за единицу времени ограждающими конструкциями первого помещения, определены экспериментально как функции времени.

Экспериментальные исследования процесса тепломассообмена в помещении с очагом пожара проводились при удалении дыма вентиляционной системой с механическим побуждением в безоконном (бесфонарном) помещении на фрагменте многоэтажного здания, расположенному на полигоне ВНИИПО. Побудителем системы дымоудаления служил вентилятор типа Ц 4-70 Н 10.

Помещение с очагом пожара имело следующие геометрические характеристики: высота от пола до потолка — $2h_1 = 3,00$ м, ширина — 4,00 м, длина — 5,00 м. Высота смежного помещения — $2h_2 = 3,00$ м, ширина и длина — 1,50 и 14,50 м соответственно. Помещения были соединены между собой дверным проемом высотой 2,00 м и шириной 0,90 м.

Стены помещения, где располагался очаг пожара, имели толщину 0,385 м, перегородка — 0,250 м и были выполнены из шамотного кирпича на цементно-песчаном растворе с добавлением шамотной глины. Перекрытие сделано из монолитного жаростойкого железобетона толщиной 0,40 м, пол составлен из железобетонных плит толщиной 0,15 и 0,20 м. Стены смежного помещения выполнены из красного кирпича на цементно-песчаном растворе, их толщина составляла 0,385 м.

Приемное отверстие для удаления дыма из помещения с очагом пожара располагалось в стене напротив дверного проема. Диаметр воздуховода — 1000 мм, геометрический центр его сечения находился на высоте 1,8 м от уровня пола помещения.

В качестве пожарной нагрузки использовалось дизельное топливо с низшей теплотой сгорания $Q_n^p = 48\,870$ кДж/кг. Оно заливалось в металлические противни круглого сечения диаметром 0,50, 0,71 и 1,00 м с высотой борта 0,30 м на водяную подложку толщиной ~60–75 мм. Толщина стенок и основания противней составляла 1,2 мм. Общая толщина слоя топлива и подложки в противнях не превышала половины высоты борта противня и была равна ~14–15 см. Наличие подложки определено мерами по снижению интенсивности горения.

Платформа, на которой устанавливались противни с топливом, располагалась в центре помещения. Нагрузка от платформы через перекрытие над подвалом передавалась устройству измерения скорости выгорания [14] или весам.

При проведении каждого эксперимента непосредственно измерялись и контролировались:

- температура газов в помещениях фрагмента здания, удаляемых из помещения и по высоте дверных проемов;
- температура на поверхности ограждающих конструкций помещения очага пожара;
- высота слоя дыма в дверном проеме между помещением очага пожара и коридором путем определения ослабления интенсивности света через слой дыма (в проведенных опытах выход дыма через дверные проемы не зафиксирован);
- динамический напор и температура газов в мерном сечении воздуховода системы дымоудаления;
- перепад давлений между окружающей средой и помещениями фрагмента здания;
- тепловые потоки в помещении очага пожара с помощью теплоприемников суммарного теплового потока;
- скорость выгорания или масса материала пожарной нагрузки.

Обработка результатов экспериментов проведена с использованием компьютерной программы “Wflame” [15].

Проведенные исследования процесса развития пожара при удалении дыма из помещения очага пожара позволили обобщить результаты по определению: массовой скорости выгорания материала пожарной нагрузки, тепловой нагрузки строительных конструкций, динамики ОФП в условиях работы механической вентиляции удаления дыма.

Определение математических моделей (функций) описания факторов проведено с указанием вида моделей и их параметров (значений коэффициентов, показателей степеней и т.п.). Искомые функции определены как функция одной или нескольких переменных. Неформализуемые задачи выбора вида функций в ряде случаев описаны различными аналитическими выражениями. При определении математических моделей учитывались удобство последующего использования, компактность, содержательность, т.е. интерпретируемость предлагаемых описаний — приданье определенного смысла константам или функциям, входящим в найденные математические модели.

В качестве критерия тепловой нагрузки помещения на основе приведенной массовой скорости выгорания определен безразмерный комплекс при-

веденной тепловой нагрузки, эквивалентной древесине:

$$g = \frac{1}{0,7 \cdot 10^{-3}} \left(\frac{F_{\text{гор}} \Psi_m Q_{\text{pm}}^h}{F_{\text{пол}} \Psi_{\text{др}} Q_{\text{др}}^h} \right) \quad (12)$$

или

$$g = \frac{1}{1,5 \cdot 10^{-4}} \left(\frac{F_{\text{гор}} \Psi_m Q_{\text{pm}}^h}{F_{\text{огр}} \Psi_{\text{др}} Q_{\text{др}}^h} \right), \quad (13)$$

где $F_{\text{гор}}$, $F_{\text{пол}}$, $F_{\text{огр}}$ — площадь горения, пола и ограждающих конструкций помещения соответственно, м^2 ;

Q_{pm}^h , $Q_{\text{др}}^h$ — низшая теплота сгорания топлива и древесины соответственно, $\text{КДж}/\text{кг}$;

Ψ_m , $\Psi_{\text{др}}$ — удельная массовая скорость выгорания модельной нагрузки и древесины соответственно, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

С учетом влияния движения газовых потоков на процессы теплообмена в помещении под действием вентиляционной установки безразмерный комплекс приведенной тепловой нагрузки может быть представлен следующим образом:

$$g_W = \frac{W_0}{10^{-2} W} \left(\frac{F_{\text{гор}} \Psi_m Q_{\text{pm}}^h}{F_{\text{пол}} \Psi_{\text{др}} Q_{\text{др}}^h} \right), \quad (14)$$

где $W_0 = bH\sqrt{2gH}$.

Анализ экспериментальных данных показал, что характер изменения ряда параметров (температуры поверхностей, потоков теплоты в ограждения помещения и др.), идентичен приведенному в работе [7] и может быть описан аналогичной зависимостью.

Указанная зависимость потока теплоты в i -ю ограждающую конструкцию помещения, выполненную из бетона или шамотного кирпича, пред-

ставлена в виде безразмерного комплекса, аналогичного [16]:

$$\frac{q_i}{q_{\max i}} = 1,646 \left(\frac{\tau}{\tau_{\max}} \right)^{0,5} \exp \left(-0,5 \frac{\tau}{\tau_{\max}} \right), \quad (15)$$

где q_i — поток теплоты в момент времени τ , $\text{Вт}/\text{м}^2$;
 $q_{\max i}$ — максимальный поток теплоты во время развития пожара в i -ю конструкцию помещения, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

τ_{\max} — время достижения максимального теплового потока, с.

Значение τ_{\max} в конструкции помещения удовлетворительно определяется величиной 780 с, что хорошо согласуется со временем достижения максимальных потоков теплоты, измеренных теплоприемниками суммарного теплового потока, и скорости выгорания материала горючей нагрузки помещения.

Максимальные потоки теплоты в конструкции помещения могут быть представлены следующими выражениями:

- для стен

$$q_{\max cm} = 180 g_W^{0,7}; \quad (16)$$

- для перекрытий

$$q_{\max nom} = (5,17 \cdot 10^{-3} g_W^{-0,75} - 6,67 \cdot 10^{-4} g_W^{4,25} \exp(-1,6g_W))^{-1} \quad (17)$$

$$\text{или } q_{\max nom} = \frac{193 g_W^{0,75}}{1 - 0,13 g_W^5 \exp(-1,6g_W)}. \quad (18)$$

Максимальный поток теплоты в конструкции пола составляет примерно 0,7 от $q_{\max cm}$, что совпадает с результатами, приведенными в работах [7, 17].

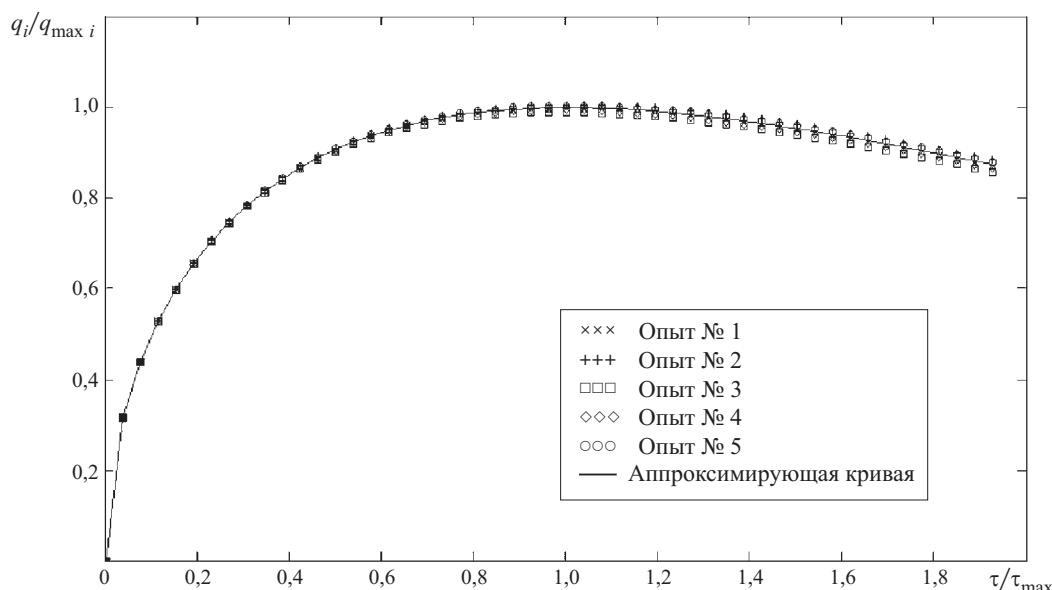


РИС. 1. Зависимость безразмерного теплового потока от безразмерного времени

На рис. 1 представлены экспериментальные и расчетные значения потоков теплоты в ограждении помещения. Сравнение показывает хорошее согласование математической модели (15) и экспериментальных данных.

Тепло, поглощаемое за единицу времени ограждающими конструкциями первого помещения с учетом формулы (15), находится из выражения [1]:

$$Q_{w1}(\tau) = A\tau^n e^{-B_0\tau}, \quad (19)$$

где $A = A'/\tau_{\max}^n$, $A' = 1,646 \sum (F_i q_{\max i})$, $B_0 = n/\tau_{\max}$ и $n = 1/2$.

Результаты экспериментальных исследований зависимости массовой скорости выгорания от времени удовлетворительно описываются следующим соотношением [18]:

$$\begin{aligned} \psi(t) = \psi_0 F & \left[a_0 + a_1 \frac{t}{\tau_{cm}} + a_2 \left(\frac{t}{\tau_{cm}} \right)^2 + \right. \\ & \left. + a_3 \left(\frac{t}{\tau_{cm}} \right)^3 + a_4 \left(\frac{t}{\tau_{cm}} \right)^4 \right], \text{ кг/с,} \end{aligned} \quad (20)$$

где $\psi_0(0,5) = 0,014 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

$\psi_0(0,71) = 0,020 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

$\psi_0(1,0) = 0,027 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

τ_{cm} — время от момента полного охвата пламенем площади горения до стабилизации горения жидкости, $\tau_{cm} = 780 \text{ с}$.

Значение $\psi_0(d)$ в исследуемом диапазоне диаметров противней является функцией диаметра и выражается зависимостью:

$$\psi_0(d) = 0,001 + 0,026d, \text{ м.} \quad (21)$$

В общем случае уравнения развития пожара (9) – (12) с учетом выражений (19) и (20) можно записать в следующем виде:

$$\begin{aligned} d \frac{\rho_{m1}}{d\tau} + C\rho_{m1} &= b_{\rho_{m1}}^{Q_{w1}} + A_1 \tau^{1/2} \exp(-B_0\tau) + \\ &+ F_{zop} M_{\rho_{m1}} \left[a_0 + a_1 \frac{\tau}{\tau_{cm}} + a_2 \left(\frac{\tau}{\tau_{cm}} \right)^2 + \right. \\ & \left. + a_3 \left(\frac{\tau}{\tau_{cm}} \right)^3 + a_4 \left(\frac{\tau}{\tau_{cm}} \right)^4 \right]; \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} \frac{d\rho_{\kappa1}}{d\tau} + C\rho_{\kappa1} &= b_{\rho_{\kappa1}}^{Q_{w1}} + 0,23A_1\tau^{1/2} \exp(-B_0\tau) - \\ &- F_{zop} M_{\rho_{\kappa1}} \left[a_0 + a_1 \frac{\tau}{\tau_{cm}} + a_2 \left(\frac{\tau}{\tau_{cm}} \right)^2 + \right. \\ & \left. + a_3 \left(\frac{\tau}{\tau_{cm}} \right)^3 + a_4 \left(\frac{\tau}{\tau_{cm}} \right)^4 \right]; \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} \frac{d\rho_{\varepsilon1}}{d\tau} + C\rho_{\varepsilon1} &= F_{zop} M_{\rho_{\varepsilon1}} \left[a_0 + a_1 \frac{\tau}{\tau_{cm}} + \right. \\ & \left. + a_2 \left(\frac{\tau}{\tau_{cm}} \right)^2 + a_3 \left(\frac{\tau}{\tau_{cm}} \right)^3 + a_4 \left(\frac{\tau}{\tau_{cm}} \right)^4 \right]; \end{aligned} \quad (24)$$

$$\begin{aligned} d \frac{\mu_{m1}}{d\tau} + C\mu_{m1} &= b_{\mu_{m1}} + F_{zop} M_{\mu_{m1}} \left[a_0 + a_1 \frac{\tau}{\tau_{cm}} + \right. \\ & \left. + a_2 \left(\frac{\tau}{\tau_{cm}} \right)^2 + a_3 \left(\frac{\tau}{\tau_{cm}} \right)^3 + a_4 \left(\frac{\tau}{\tau_{cm}} \right)^4 \right]; \end{aligned} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} \text{где } b_{\rho_{m1}}^{Q_{w1}} &= \frac{k_1}{V_1}; \quad A_1 = \frac{A}{V_1 C_{p6} T_a}; \quad b_{\rho_{\kappa1}}^{Q_{w1}} = 0,23 \frac{k_1}{V_1}; \\ C &= \frac{W}{V_1}; \quad b_{\mu_{m1}} = k_{cl} \frac{F_{w1}}{V_1}; \quad k_1 = \frac{m_3 C_{pml} W \rho_a}{C_{p6}}; \\ k_3 &= \frac{\eta_1 Q_p^h + q_n}{C_{p6} T_a}; \quad M_{\rho_{m1}} = \psi_0 \frac{1 - k_3}{V_1}; \\ M_{\rho_{\kappa1}} &= \psi_0 \frac{\eta L_{\kappa1} + 0,23 k_3}{V_1}; \quad M_{\rho_{\varepsilon1}} = \psi_0 \frac{\eta L_{\varepsilon1}}{V_1}; \\ M_{\mu_{m1}} &= \psi_0 \frac{D_1}{V_1}. \end{aligned}$$

Решения уравнений (22) – (25) могут быть представлены в виде:

$$\begin{aligned} \rho_{m1} &= \rho_{m1\bullet}^{Q_{w1}} + \frac{M_{\rho_{m1}} a_0 F_{zop}}{C} + \left[\rho_a - \left[\rho_{m1\bullet}^{Q_{w1}} + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{M_{\rho_{m1}} a_0 F_{zop}}{C} \right] \right] \exp(-C\tau) + M_{\rho_{m1}} F_{zop} \times \\ & \times [U_1 \exp(-C\tau) + U_2] + \frac{A_1 \tau^{1/2}}{C - B_0} \exp(-B_0\tau), \end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} \rho_{\kappa1} &= \rho_{\kappa1\bullet}^{Q_{w1}} - \frac{M_{\rho_{\kappa1}} a_0 F_{zop}}{C} + \left[\rho_{1e} - \left(\rho_{\kappa1\bullet}^{Q_{w1}} - \right. \right. \\ & \left. \left. - \frac{M_{\rho_{\kappa1}} a_0 F_{zop}}{C} \right) \right] \exp(-C\tau) + M_{\rho_{\kappa1}} F_{zop} \times \\ & \times [U_1 \exp(-C\tau) + U_2] + \frac{0,23 A_1 \tau^{1/2}}{C - B_0} \exp(-B_0\tau); \end{aligned} \quad (27)$$

$$\begin{aligned} \rho_{\varepsilon1} &= \frac{M_{\rho_{\varepsilon1}} a_0 F_{zop}}{C} + \left[\rho_{20} - \frac{M_{\rho_{\varepsilon1}} a_0 F_{zop}}{C} \right] \times \\ & \times \exp(-C\tau) + M_{\rho_{\varepsilon1}} F_{zop} [U_1 \exp(-C\tau) + U_2]; \end{aligned} \quad (28)$$

$$\begin{aligned} \mu_{m1} &= \mu_{m1\bullet} + \frac{M_{\mu_{m1}} a_0 F_{zop}}{C} + \\ & + \left[\mu_{m10} - \left(\mu_{m1\bullet} \frac{M_{\mu_{m1}} a_0 F_{zop}}{C} \right) \right] \exp(-C\tau) + \\ & + M_{\mu_{m1}} F_{zop} \left[\tau^2 - \frac{2\tau}{C} + \frac{2(1 - \exp(-C\tau))}{C^2} \right], \end{aligned} \quad (29)$$

где $\rho_{\kappa 1 \bullet} = \frac{b_{\rho_{\kappa 1}} Q_{w1}}{C}$; $\mu_{m1 \bullet} = \frac{b_{\mu_{m1}}}{C}$;

$$U_1 = \frac{a_1}{C^2 \tau_{cm}} - \frac{a_2}{C^3 \tau_{cm}^2} + \frac{6a_3}{C^4 \tau_{cm}^3} - \frac{24a_4}{C^5 \tau_{cm}^4};$$

$$U_2 = l_1 + l_2 + l_3 + l_4; \quad l_1 = \frac{a_1}{C^2 \tau_{cm}} (C\tau - 1);$$

$$l_2 = \frac{a_2}{C^3 \tau_{cm}^2} (C^2 \tau^2 - 2C\tau + 2);$$

$$l_3 = \frac{a_3}{C^4 \tau_{cm}^3} (C^3 \tau^3 - 3C^2 \tau^2 + 6C\tau - 6);$$

$$l_4 = \frac{a_4}{C^5 \tau_{cm}^4} (C^4 \tau^4 - 4C^3 \tau^3 + 12C^2 \tau^2 - 24C\tau + 24).$$

Из выражений (26) и (27) следует, что решения уравнений (22) и (23) при $C = B_0$ не определены, их можно представить в виде:

$$\rho_{m1} = \rho_{m1 \bullet}^{Q_{w1}} + \frac{M_{\rho_{m1}} a_0 F_{zop}}{C} + \left[\rho_a - \left(\rho_{m1 \bullet}^{Q_{w1}} + \frac{M_{\rho_{m1}} a_0 F_{zop}}{C} \right) \right] \exp(-C\tau) + M_{\rho_{m1}} F_{zop} \times (30)$$

$$\times [U_1 \exp(-C\tau) + U_2] + \frac{2}{3} A_1 \tau^{3/2} \exp(-C\tau);$$

$$\rho_{\kappa 1} = \rho_{\kappa 1 \bullet}^{Q_{w1}} - \frac{M_{\rho_{\kappa 1}} a_0 F_{zop}}{C} + \left[\rho_{1e} - \left(\rho_{\kappa 1 \bullet}^{Q_{w1}} - \frac{M_{\rho_{\kappa 1}} a_0 F_{zop}}{C} \right) \right] \exp(-C\tau) + M_{\rho_{\kappa 1}} F_{zop} \times (31)$$

$$\times [U_1 \exp(-C\tau) + U_2] + 0,15 A_1 \tau^{3/2} \exp(-C\tau).$$

Анализ формул (26) – (31) показывает, что в общем случае критическая продолжительность пожара может быть определена графическими или численными методами с помощью системных пакетов “Maple 6.0”, “MathCAD 2001 PRO” и др.

При определении КПП методами высшей алгебры [19], как и в работе [2], можно сделать ряд допущений:

- $\exp(-C\tau) = 0$ при $0,01 \leq C \leq 1$;
- $\exp(-C\tau) = 1 - C\tau$
(первые члены разложения в ряд Тейлора функции $\exp(-C\tau)$) при $0,0001 < C < 0,01$;
- $\exp(-C\tau) = 1$ при $C \leq 0,0001$;
- $\exp(-B_0 \tau) = 1 - B_0 \tau$.

В таблице приведены результаты физического эксперимента и расчетов критической продолжительности пожара τ^m численным методом и методом высшей алгебры по уравнению (26). В качестве

Критическая продолжительность пожара τ^m

№ опыта	Диаметр противня, м	τ ^m , с		
		опыт	численный метод	exp(-Cτ) = 0
1	0,71	360–390	370	360
2	0,71	420	420	400
3	0,71	270–300	280	270
4	0,50	–	–	–
5	1,00	0–30	20	–

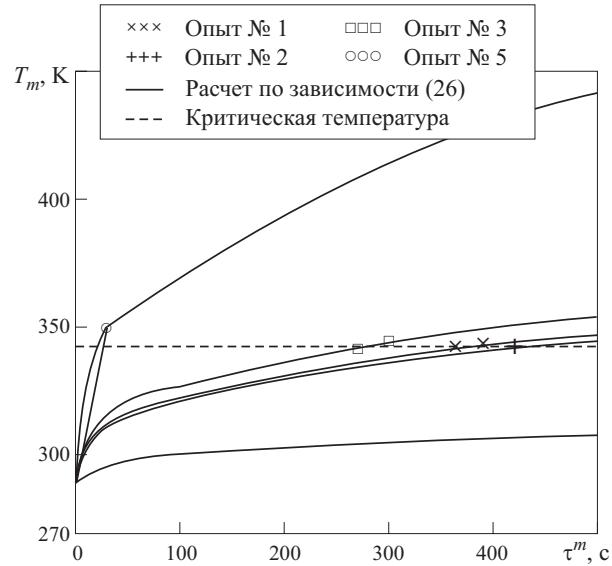


РИС. 2. Сравнение теории с результатами опытов

критического значения температуры газовой среды в помещении принято 70°C на уровне половины высоты помещения.

Сопоставление экспериментальных и расчетных значений сравниваемых величин (параметров) развития пожара в двух смежных помещениях, имеющих один общий проем и проем, связанный с атмосферой, при удалении дыма из помещения с очагом пожара и обеспечении незадымления смежного помещения, т.е. из условия защиты дверей эвакуационных выходов, показывает хорошее согласование (рис. 2). Это подтверждает справедливость полученных математических моделей, адекватных экспериментальным данным, используемых при аналитическом описании динамики ОФП в помещении очага пожара и при определении КПП, а также необходимого времени эвакуации людей из помещения. Показана возможность разработки аналитического метода расчета динамики ОФП в помещении с очагом пожара, расположенным в здании, при работе противодымной защиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овсянников М. Ю. Развитие пожара в двух смежных помещениях в условиях работы механической системы дымоудаления. Частные решения // Пожарная безопасность. — 2002. — № 5. — С. 37–42.
2. Овсянников М. Ю., Родионов Е. Г. Частные решения уравнений интегрального метода описания пожара в помещении. Дымоудаление. Линейное распространение горения по ТГМ. Критическая продолжительность пожара // Пожаровзрывобезопасность. — 2004. — Т. 13, № 5. — С. 81–85.
3. СНиП 2.04.05–91. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
4. Противодымная защита зданий и помещений: Пособие 4.91 к СНиП 2.04.05–91.
5. СНиП 41-01–2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
6. ГОСТ 12.1.004–91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
7. Астапенко В. М., Кошмаров Ю. А., Молчадский И. С., Шевляков А. Н. Термогазодинамика пожаров в помещениях. — М.: Стройиздат, 1988. — 448 с.
8. Присадков В. И., Лицкевич В. В., Федоринов А. В. Численные методы исследования пожарной опасности атриумов // Пожарная безопасность. — 2002. — № 2. — С. 45–52.
9. Пузач С. В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности. Монография. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. — 336 с.
10. Астапенко В. М., Аксютин А. С., Овсянников М. Ю. Газообмен в двух смежных помещениях, имеющих один общий проем и проем, связанный с атмосферой // Противопожарная защита производственных зданий и сооружений. — М., 1985. — С. 107–115.
11. Астапенко В. М., Грушевский Б. В., Кошмаров Ю. А., Овсянников М. Ю. Развитие пожара, анализ и разработка алгоритма развития пожара в двух смежных помещениях, имеющих один общий проем и проем, связанный с атмосферой, в условиях работы механической вентиляции. — М., 1986. — 31 с. Деп. в ГИЦ МВД СССР. 16.05.86 № 231 Д.
12. Овсянников М. Ю. Частные решения интегральной математической модели термо-, газодинамики пожара в двух смежных помещениях. Дымоудаление // Вестник ИГЭУ. — 2003. — Вып. 5. — С. 7–12.
13. Овсянников М. Ю. Дымоудаление. Аналитические решения интегрального метода описания пожара в помещении. Круговое распространение горения. Критическая продолжительность пожара // Пожарная безопасность. — 2004. — № 5. — С. 60–65.
14. А.с. 15186776 (СССР). Устройство для определения скорости выгорания материалов горючей нагрузки / Грушевский Б. В., Астапенко В. М., Аксютин А. С., Гладков С. В., Овсянников М. Ю. // Опубл. Бюл. 1989. № 40.
15. Овсянников М. Ю., Девяткин П. В. Применение ЭВМ для обработки экспериментальных данных // Пожарная безопасность. — 2002. — № 4. — С. 120–123.
16. Кошмаров Ю. А., Овсянников М. Ю., Девяткин П. В. Максимальные тепловые потоки в ограждающие конструкции при пожаре в условиях работы механической системы дымоудаления // Пожарная безопасность–97: Материалы науч.-практ. конф., Москва, 19 ноября 1997 г. — С. 36–39.
17. Алексашенко А. А., Кошмаров Ю. А., Молчадский И. С. Тепломассоперенос при пожаре. — М.: Стройиздат, 1982. — 175 с.
18. Чернов В. Н., Овсянников М. Ю. Массовая скорость выгорания горючей жидкости в помещении // Пожарная безопасность. — 2004. — № 5. — С. 66–71.
19. Курош А. Г. Курс высшей алгебры. — М.: Наука, 1968. — 431 с.

Поступила в редакцию 15.10.05.

ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

УДК 614.844



Думилин
Андрей Иванович

СОВРЕМЕННЫЕ АВТОНОМНЫЕ УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

А. И. Думилин

адъюнкт кафедры пожарной автоматики Академии ГПС МЧС России

Рассмотрены особенности устройства и применения автономных установок пожаротушения. Отмечено, что в современных установках используются устройства обнаружения и пуска, реагирующие на тепловые проявления пожара. Применение указанных установок отражено в ряде нормативных документов, в соответствии с которыми допускается их использование на ряде объектов.

В последние годы отмечаются стабильные показатели по количеству пожаров, происходящих на объектах промышленного производства, энергетики, военно-промышленного комплекса, на предприятиях по переработке и хранению ГСМ и многих других объектах различного назначения. При этом пожарная автоматика зачастую не справляется со своей задачей либо вовсе отсутствует ввиду дорогоизны ее монтажа и эксплуатации.

При выборе типа установки и способа тушения иногда допускаются необоснованные затраты на внедрение средств пожаротушения. В других случаях ошибочный выбор или отсутствие последних приводят к значительному ущербу от пожаров.

Автономные установки пожаротушения (АУП) при относительно небольших капиталовложениях способны своевременно, до наступления критического времени развития пожара, обнаружить и локально ликвидировать очаг.

В автономных и автоматических установках пожаротушения средства тушения принципиально одинаковы. В обоих случаях эффект тушения при использовании огнетушащих веществ зависит от их охлаждающей, изолирующей, разбавляющей и инертизирующей способности. Влияет также расход огнетушащего вещества, равномерность его распыления в защищаемом объеме или по площади.

Отличительной особенностью автономных установок от автоматических является способ управления средствами пожаротушения. АУП представляет собой организационно закрытую систему, активность которой осуществляется средствами внутреннего управления. В ее границы входят средства обнаружения и тушения пожара [1].

АУП одновременно является автоматической установкой, поскольку автоматически производит обнаружение и тушение пожара и является частным ее случаем, при котором функционирование осуществляется независимо от внешних аппаратуры управления и источников питания [2].

Особенностями АУП являются:

- возможность тушения возгораний различных веществ, в том числе твердых, жидкых, газообразных, а также установок, находящихся под напряжением;
- малая удельная стоимость защиты (от 150 руб./м²);
- энергонезависимость (не требуются внешние источники питания, пусковой импульс формируется при возникновении пожара путем использования аккумулированной энергии);
- простота в эксплуатации (в большинстве случаев техническое обслуживание сводится к периодическому внешнему осмотру установки);
- возможность эксплуатации в широком диапазоне температур (от -50 до 120°C).

На современном рынке АУП в большинстве случаев представлены в виде модулей, в которых установки не имеют трубопроводной сети и размещение баллонов и пусковых устройств осуществляется в защищаемом помещении. При этом не требуется прокладка многометровой электропроводки и трубопроводных линий и наличие отдельного помещения для размещения оборудования. Кроме того, монтажные работы не предусматривают специальной подготовки персонала, осуществляющего установку АУП.

Отличительной особенностью АУП является также то, что они не имеют внешней аппаратуры управления, поэтому функции по выдаче сигнала



Буран 2,5 + УСП



Буран 8 + УСП

на приспособление запуска огнетушащих веществ выполняет узел обнаружения и пуска, реагирующий на контролируемые параметры. В современных АУП такими параметрами являются только тепловые проявления пожара. Можно выделить следующие группы конструкций:

- тепловые пожарные извещатели и устройства с элементом питания, контакты которых в дежурном режиме нормально разомкнуты; при срабатывании чувствительного элемента электросигнал поступает на приспособление запуска огнетушащего вещества (УПСА “Эпотос”, УСПАА-1, “Спецавтоматика”). Аналогами данных изделий могут быть любые тепловые пожарные извещатели, имеющие дополнительный элемент питания;
- устройства, самостоятельно вырабатывающие электрический ток, необходимый для одновременного запуска нескольких огнетушителей, за счет ЭДС, возникающей при прохождении постоянного магнита через электрокатушку (УСП 101-72(93)-Э, НПО УСП, которое тарируется на температуру срабатывания 72, 93 или 110°C (инерционность классов А3, С, D), а также УСП-101-Р ручного пуска);
- устройства, реагирующие на тепловое проявление пожара воспламенением пиротехнического заряда и передачей сигнала на приспособление запуска огнетушащего вещества. В ряде изделий термохимический импульс преобразуется в электрический, который достаточно легко передается на небольшие расстояния (ДЭТА-3, ЗД, 4, НИИ прикладной химии; огнепроводный шнур, НПЦ “Крокус”, РХТУ им. Д. И. Менделеева, СКТБ “Технолог” и ФЦДТ “Союз”; инициирующий порошок ИП-3, ВНИИПО МВД РФ и ГНИТИ);
- устройства, в конструкции которых легкоплавкий замок установлен на форсунке насадка или трубопровод, подводящий огнетушащее веще-

ство, выполнен из легкоплавкого материала. Оба вида изделий в дежурном режиме препятствуют выходу огнетушащего вещества, находящегося под избыточным давлением (трубка-детектор “Firetrace”, спринклеры). Еще один вариант — легкоплавкий материал установлен между нормально разомкнутыми контактами (линейные датчики США).

Правильный и разумный выбор устройств обнаружения и запуска будет влиять на быстродействие АУП. В настоящее время выбор и размещение устройств обнаружения и запуска осуществляются на основании требований [2, 3]. Но указанные документы не учитывают различия принципов срабатывания, конструктивные особенности и размеры устройств обнаружения и запуска. При этом инерционность зависит от мощности теплового потока и его расположения относительно возможного очага пожара. В качестве приемлемого решения данной проблемы возможно применение интегральных и зональных моделей для малых объемов, полевых — для больших.

Что касается нормативного регулирования в области использования АУП, то картина следующая. В НПБ [4] отмечено, что АУП могут монтироваться взамен автоматических “на объектах, не относящихся к государственному и муниципальному имуществу...”. Вопросы применения АУП нашли широкое отражение в ряде других нормативных документов [2, 5–7], в соответствии с которыми их использование допускается: в гаражных боксах, топливораздаточных колоннах на АЗС, электрощитках в зданиях V степени огнестойкости, для защиты помещений объемом не более 100 м³, где не предусмотрено постоянное пребывание людей и посещение которых производится периодически (по мере производственной необходимости).

Следовательно, на ряде объектов и для определенных объемов возможно применение АУП при

условии обеспечения безопасности людей в случае возникновения пожара, а также экономического обоснования их использования. Тем более, как показал энергетический кризис в мае текущего года,

объекты, оснащенные по степени надежности, соответствующей электроснабжению 1-й категории [8], также подвергались обесточиванию, выводя из строя средства пожарной автоматики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Думилин А. И., Долговидов А. В., Теребнев В. В. Толкование понятий в пожарной автоматике // Пожаровзрывобезопасность. — 2005. — Т. 14, № 4. — С. 64–66.
2. НПБ 88–2001*. Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования.
3. Средства пожарной автоматики. Область применения. Выбор типа. Рекомендации. — М.: ВНИИПО, 2004. — 96 с.
4. НПБ 110–2003. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией.
5. СНиП 21-02-99. Стоянки автомобилей.
6. НПБ 111–98*. Автозаправочные станции. Требования пожарной безопасности.
7. СНиП 31-01-2003. Здания жилые многоквартирные.
8. ПУЭ–98. Правила устройства электроустановок.

Поступила в редакцию 25.10.05.



ООО НПО “УСП”

Директор – Кичатов Герман Вячеславович

170002, г. Тверь, Спортивный пер. 1А

Тел./факс: (0822) 32 08 94

Устройства сигнально-пусковые УСП-101

ТУ 4371-005-47011152-2002, сертифицированы

За семь лет эксплуатации АУП с УСП-101 **локализовано несколько очагов возгорания** на ранней стадии при полном **отсутствии ложных срабатываний**, в том числе на химическом заводе, ретрансляторах связи и др. Во всех случаях тушащее вещество (порошок и аэрозоль) **не нанесли ущерба** ни оборудованию, продолжавшему функционировать до приезда технических служб, ни людям, пытавшимся самостоятельно приступить к тушению. АУП эксплуатировались более двух лет по принципу “поставил и забыл”, т.е. без технического обслуживания.

Системы малобюджетны — имеют низкую стоимость и не требуют затрат на эксплуатацию. Работоспособны в любых климатических условиях, при самых жестких условиях по вибрации и электромагнитным помехам.

Поставщики: ООО «ЭПОТОС-1», ЗАО НПГ «Гранит-Саламандра»,
ООО ПК «Сибирский проект», ЗАО «ЭЛЛА ПЛЮС», ООО ИВЦ «Техномаш» и др.

ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ

УДК 614.842.615

ПЕНООБРАЗУЮЩИЕ СОСТАВЫ ДЛЯ ТУШЕНИЯ, ИЗОЛЯЦИИ И ДЕГАЗАЦИИ ПРОЛИВОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ



Андреев
Александр Петрович



Герасимова
Ирина Николаевна

А. П. Андреев

канд. техн. наук, доцент, Академия ГПС МЧС России

И. Н. Герасимова

старший преподаватель, Академия ГПС МЧС России

Исследованы возможности применения различных добавок пеногенерирующих составов для тушения, изоляции и химической дезактивации проливов экологически опасных жидкостей.

Современные техногенные катастрофы имеют, как правило, целый ряд экологически опасных последствий. Так, аварии на химических предприятиях могут сопровождаться не только пожарами, но и попаданием токсичных веществ в окружающую среду. Применение обычных средств тушения в таких случаях может иметь нежелательные последствия. Например, после тушения пеной образуется большое количество сточных вод, зараженных токсичными элементами. Применение специальных изолирующих пен, о которых сообщалось в публикациях [1–5], предотвращает попадание токсичных веществ в воздух, но не гарантирует от проникновения их в почву и грунтовые воды.

Наиболее целесообразно для ликвидации аварий применять многоцелевые пеногенерирующие составы, эффективные для тушения, изоляции и дегазации проливов токсичных веществ. Для этого специальные добавки (дегазаторы, нейтрализаторы, комплексообразователи) можно вводить непосредственно в пеногенерирующий раствор. Добавление в пену дегазаторов повышает ее изолирующую способность.

Для разработки указанных составов необходимо показать принципиальную возможность применения того или иного поверхностно-активного вещества (ПАВ) в качестве основы для специальных пеногенерирующих композиций. Эта задача сводится к оценке пеногенерирующей способности ПАВ различных классов в присутствии специальных добавок.

В ходе работы были исследованы низкократные пены, полученные на размельчителе тканей РТ-1 из водных растворов ПАВ различной природы:

- алкилсульфат (пенообразователь "Прогресс-30");
- алкилбензолсульфонат (пенообразователь РАС);
- алкилсульфонат (пенообразователь Сульфонол НП-1);
- оксиэтилированные ПАВ (пенообразователи ОП-7, ОП-10, ОД-24);
- пенообразователь сложного состава (ПО-6 ЦТ);
- фторсintетические пенообразователи ("Подслойный", ПО-6 ТФ).

Пеногенерирующие свойства составов с добавками электролитов оценивались по кратности и устойчивости пены. Лабораторные данные проверялись в условиях полигона на табельном пожарном оборудовании.

Результаты экспериментов приведены в табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, с введением в раствор пенообразователя "Прогресс-30" серной кислоты возрастает кратность получаемых пен, но уменьшается их устойчивость. Аналогичное явление отмечалось в работе [6]. Влияние гидроксида натрия сводится к падению кратности и устойчивости пен.

Соляная и фосфорная кислоты в количестве до 10% об. практически не изменяют кратность пен на основе алкилсульфата. Фосфорная кислота не уменьшает устойчивость пен, а соляная в количестве 5% об. снижает ее на 40%.

ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ

ТАБЛИЦА 1. Пенообразующая способность пенообразователей “Прогресс-30” и РАС

Концентрация, % об.	Кратность пены		Устойчивость пены, с	
	“Прогресс-30”	РАС	“Прогресс-30”	РАС
Серная кислота:				
0	7	8,0	250	240
5	8	8,0	150	150
10	8	7,5	150	150
15	7	7,0	150	150
Гидроксид натрия:				
0	7	8,0	250	240
5	7	8,0	200	300
10	7	7,0	97	400

Итак, кратность пен на основе алкиларилсульфоната мало зависит от введения кислоты или щелочи. Устойчивость в растворе серной кислоты падает, едкого натра — заметно растет.

Щелочи неодинаковы по своему воздействию на пену. Так, введение гидроксида калия до 10% об. не вызывает ни стабилизации пены, ни уменьшения кратности и устойчивости.

Пенообразователь Сульфонол НП-1 ведет себя аналогично РАС, однако стабилизирующее действие едкого натра на пену выражено в большей степени. Устойчивость пены на основе Сульфонола НП-1 при добавке 5% об. гидроксида натрия составляет около 500 с.

Высока устойчивость пен ОП-7 в присутствии большого количества (до 15% об.) кислот — серной, соляной и фосфорной. Напротив, введение щелочи до 2% об. значительно снижает кратность и устойчивость этих пен, а при дальнейшем увеличении концентрации щелочи наступает высыпание ПАВ из раствора.

Добавка гидроксида натрия до 10% об. в раствор пенообразователя “Подслойный” снижает устойчивость пены на 20 – 30%.

Пенообразователь ПО-6 ЦТ при добавлении серной кислоты сразу теряет пенообразующие свойства, при этом не наблюдается даже начального увеличения кратности, характерного для пены на основе пенообразователя “Прогресс-30”. Таким образом, добавки, введенные в ПО-6 ЦТ для повышения устойчивости, в частности высшие жирные спирты (ВЖС), в присутствии кислоты способствуют разрушению пены. Как известно, оптимальное соотношение вторичных алкилсульфатов (ВАС) и ВЖС зависит от целого ряда факторов, в частности от водородного показателя среды [7]. Увеличение кислотности приводит к переходу ВЖС из солюбилизированного состояния в эмульсию, которая вызывает разрушение пены. Интересно отметить, что раствор ПО-6 ЦТ при добавлении кислоты мутнеет.

ТАБЛИЦА 2. Устойчивость пен на основе оксиэтилированных ПАВ и пенообразователя Сульфонол НП-1

Электролит	Устойчивость, с			
	ОП-7	ОП-10	ОД-24	Сульфонол НП-1
—	201 ± 18	205 ± 4	195 ± 22	236 ± 15
KCl	223 ± 13	210 ± 9	235 ± 16	251 ± 16
KNO ₃	140 ± 39	155 ± 11	225 ± 22	257 ± 8
NaCl	208 ± 36	93 ± 14	230 ± 32	292 ± 25
Cu(NO ₃) ₂	192 ± 27	242 ± 5	240 ± 49	302 ± 10
K ₂ SO ₄	95 ± 25	93 ± 4	245 ± 10	257 ± 43
MnSO ₄	63 ± 4	72 ± 8	303 ± 12	—
MgSO ₄	76 ± 12	45 ± 13	252 ± 32	—
CuSO ₄	79 ± 13	61 ± 12	236 ± 60	332 ± 10
CaCl ₂	—	142 ± 34	257 ± 42	—
MgCl ₂	194 ± 33	210 ± 12	275 ± 40	—

Пригодность пенообразователя “Подслойный” для использования в качестве основы композиций с дегазаторами оценивалась по кратности получаемых пен и их устойчивости на поверхности бутанола.

Гидроксид натрия вызывает уменьшение кратности пены с 8 до 7, устойчивости на бутаноле — с 12 до 6 мин. Фосфорная кислота снижает кратность до 5,5, а устойчивость пены — до 3 мин.

Аналогично действуют тиосульфат натрия и перманганат калия. Значительное увеличение контактной устойчивости пены (до 45 мин) достигается, если для ее получения взять аммиачную воду с концентрацией 90% об.; кратность пены при этом не более 5. При концентрации аммиачной воды 50% об. кратность пены составляет 7,5, устойчивость — 35 мин.

Рассмотрим влияние различных веществ (электролитов и неэлектролитов) на устойчивость пен на основе оксиэтилированных ПАВ — ОП-7, ОП-10, ОД-24. Электролиты вводили в количестве 0,5 моль/дм³.

Данные экспериментов представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, с ростом степени оксиэтилирования *N* (*N* = 7, 10, 24) влияние электролитов на устойчивость пен сильно уменьшается. Это говорит о важной роли степени гидратации молекул ПАВ в устойчивости пен.

Устойчивость пен из оксиэтилированных ПАВ в большей мере зависит от аниона, чем от катиона. Хлориды и нитраты способствуют увеличению устойчивости, сульфаты снижают ее.

Напротив, устойчивость пен на основе алкилсульфоната больше зависит от катиона и почти не зависит от аниона.

Ниже приведены данные по устойчивости пен на основе оксиэтилированного пенообразователя

ОП-7 с добавками неэлектролитов (этанол, перекись водорода):

	Концентрация неэлектролита, % (об.)	Устойчивость пены, с
Этанол:		
0	183	
1	184	
2	190	
3	210	
4	240	
Перекись водорода:		
0	183	
2	180	
4	178	
6	150	
10	135	

Видно, что в случае этанола имеет место небольшая стабилизация пены. Обратное влияние на эту пену оказывает перекись водорода. Это можно объяснить изменениями гидратации ПАВ: этанол упрочняет структуру воды и способствует гидратации, а перекись водорода, наоборот, разрушает структуру воды и прочность связи ее молекул с молекулами оксиэтилированных ПАВ [8].

Пены на основе алкилсульфонатов и алкилсульфатов ведут себя иначе (табл. 3).

Табл. 3 показывает, что величина устойчивости изменяется в пределах ошибки измерений.

Совместное введение в пенообразующий раствор щелочи и перекиси водорода нивелирует зависимость устойчивости от концентрации.

Устойчивость пен различных составов на основе пенообразователя РАС с добавками составляет:

- гидроксид натрия 3% об. — 206 с;
- гидроксид натрия 3% об. и пероксид водорода 4% об. — 200 с;
- гидроксид натрия 6% об. и пероксид водорода 4% об. — 214 с;
- гидроксид натрия 3% об. и пероксид водорода 10% об. — 200 с.

Ухудшение пенообразующих свойств при введении дегазаторов вызвано потерей поверхностной активности и химическим распадом поверхностноактивной основы. Для того чтобы оценить послед-

ТАБЛИЦА 3. Устойчивость пен на основе пенообразователей “Прогресс-30”, Сульфонол НП-1 с добавками неэлектролита

Концентрация пероксида водорода, % об.	Устойчивость пены, с	
	“Прогресс-30”	Сульфонол НП-1
0	248 ± 40	190 ± 10
2	196 ± 40	180 ± 10
4	214 ± 40	196 ± 10
6	242 ± 40	190 ± 10
10	190 ± 40	197 ± 10

ний фактор, необходимо исследовать способность композиций сохранять пенообразующие свойства в процессе хранения.

Растворы алкилсульфонатов с щелочами сохраняют пенообразующие свойства по крайней мере в течение 3 месяцев со дня приготовления. Таким образом, литературные данные о большей стабильности алкилсульфонатов по сравнению с алкилсульфатами в кислой среде [9] справедливы и для щелочных композиций. Причиной этого является, очевидно, большая энергия связи C—S по сравнению с сульфоэфирной C—O—S [10]. Поведение пенообразователей в композициях с фосфорной кислотой является нетипичным для их распада в кислых средах: пенообразующие свойства этих растворов (как алкилсульфатов, так и алкилсульфонатов) изменяются только при хранении более 15 месяцев.

Таким образом, факторы, влияющие на изменение устойчивости и кратности пен в сильных кислотах и щелочах, можно условно разделить на две взаимосвязанные группы. К первой группе относятся особенности структуры раствора и поверхности раздела раствор — воздух, которые изменяются при увеличении концентрации кислот и щелочей. Вторая включает свойства самих молекул ПАВ (прежде всего, способность к диссоциации).

Для ионных ПАВ (алкилсульфатов и алкилсульфонатов) диссоциация сопряжена с увеличением заряда поверхности, что способствует стабилизации пены. Повышение кислотности среды подавляет диссоциацию, ведет к деионизации поверхности и уменьшению устойчивости пены.

Процессы ассоциации поверхностно-активных ионов и ионов добавленных электролитов влияют на стабилизирующую действие щелочей. Вероятно процессами ассоциации можно объяснить тот факт, что гидроксид калия не увеличивает устойчивость пен из алкилсульфонатов.

Повышение концентрации электролитов ведет, кроме того, к вытеснению молекул ПАВ на поверхность раздела фаз (высаливанию), что равносильно увеличению адсорбционной активности.

С ростом ионной силы раствора связаны изменения его структуры, что особенно важно для оксиэтилированных ПАВ: все добавки, упрочняющие структуру воды и повышающие гидратацию ПАВ, способствуют стабилизации пены.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Пенообразователи сложного состава чаще всего неприемлемы для разработки дегазирующих пен.
2. Для щелочных и щелочно-перекисных композиций более всего пригодны алкилсульфонаты.
3. В композициях с ортофосфорной кислотой можно применять ПАВ практически всех исследованных типов.

4. Для составления кислотных пенообразующих растворов наиболее приемлемы оксиэтилированные ПАВ.

5. Оксиэтилированные ПАВ обладают высокой устойчивостью к введению различных электролитов, причем устойчивость растет с увеличением степени оксиэтилирования.

6. Для совместного хранения пенообразователей с дегазаторами пригодны композиции на основе алкилсульфонатов с едким натром, а также всех исследованных ПАВ с ортофосфорной кислотой.

Полученные выводы проверяли в условиях полигона следующим образом. Для получения пен средней кратности из растворов ПАВ, содержащих специальные добавки, использовали пеногенератор эжекционного типа ГВП-100. Кратность полученных пен в зависимости от величины давления

жидкости перед генератором измеряли весовым способом.

Результаты проверки

1. Добавление до 5% щелочи к алкилсульфонатам поднимает кратность от 90 до 120. Состав, содержащий одновременно 3% NaOH и 3% H₂O₂, образует пену кратностью не менее 80.

2. Добавление к ОП-7 10% соляной кислоты позволяет поднять кратность пены с 25 до 35–40. Фосфорная кислота снижает кратность до 20, а серная вообще не позволяет получить пену средней кратности.

3. Все исследованные специальные добавки снижают кратность пены на основе алкилсульфонатов. Единственно применимой оказалась композиция с фосфорной кислотой (не более 3%), которая образует пену кратностью не более 55–60.

ЛИТЕРАТУРА

1. Norman E. C. The use of foam for vapor mitigation // Fire Command. — 1988. — V. 55, № 4. — Р. 18–20.
2. Extraordionari foams // Hazardous Cargo Bull. — 1988. — V. 9, № 1. — Р. 52–53.
3. Regent A. Redukcija emisije toksicnih para pomocu "Hazmat" pjena // Zast. Pozara. — 1988. — V. 28, № 1. — Р. 51–55.
4. Vapor Mitigation Foams // Fire Eng. — 1983. — V. 136, № 1. — Р. 62.
5. Foam supress harm full vapours // Fire. — 1987. — V. 80, № 989. — Р. 52.
6. Левинский Б. В. Сравнительная характеристика пенообразующей способности реагентов OPC и алкилсульфатов натрия // Технол. добычи и обр. руд. — Вып. 12. — М., 1965.
7. Шароварников А. Ф. / Пож. техника и тушение пожаров. — Вып. 15. — М.: ВНИИПО, 1975.
8. Самойлов О. Я. Структура водных растворов электролитов и гидратация ионов. — М.: АН СССР, 1957.
9. Pauling L. C. / J. Chim. Physique. — 1949. — V. 46. — Р. 435.
10. Сьютер Ч. Химия органических соединений серы. Ч. 1. — М.: Мир, 1950. — 329 с.

Поступила в редакцию 14.11.05.

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ, КАДРЫ

УДК 614.841.33

ОБ ОПЫТЕ ПРОТИВОПОЖАРНОГО НОРМИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ДЕКРЕТА О ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИТАЛИИ



Собурь
Сергей Валентинович

С. В. Собурь

канд. техн. наук, профессор Университета комплексных систем безопасности и инженерного обеспечения, член-корреспондент ВАН КБ

О. С. Собурь (перевод)

Московский государственный лингвистический университет

Вопросы пожарной безопасности в Российской Федерации в силу жесткого регламента и многообразия норм и правил представляют определенную трудность для руководителей предприятий, а также ответственных за пожарную безопасность в части их выполнения. В данной статье авторы изложили логику построения нормативного документа по пожарной безопасности на примере декрета Итальянской Республики “Общие требования пожарной безопасности и управления чрезвычайными ситуациями в местах работы”.

Утвержденный 10 марта 1998 г. приказами министра внутренних дел и министра труда и социального обеспечения Италии декрет “Общие требования пожарной безопасности и управления чрезвычайными ситуациями в местах работы” (далее — Декрет, опубликован в Правительственном вестнике Итальянской Республики № 81 от 7 апреля 1998 г.) [1] устанавливает обязательные требования по оценке риска пожара на объекте и мерам предупреждения и противопожарной защиты. Это весьма актуально в связи с принятием в Российской Федерации закона от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ “О техническом регулировании” [2] в части его реализации.

Перед работодателем ставятся три задачи: оценить уровень риска, предотвратить пожар и защитить объект от пожара. И далее, поступательно от приложения к приложению (в Декрете их десять) доступно и логично разъясняются основные положения пожарной безопасности.

В соответствии со статьей 2 Декрета обязанность по оценке уровня риска возлагается на работодателя. Здесь же приведены категории уровней риска: высокий, средний и низкий.

Места работы с низким уровнем риска пожара — те, в которых обращаются негорючие вещества, а процессы производства и эксплуатации пожаробезопасны, и которые в случае пожара не распространяют огонь.

Места работы со средним уровнем риска пожара — те, в которых обращаются горючие вещества и/или имеются процессы производства, способствующие развитию пожара, но в целом в случае пожара вероятность распространения пламени ограничена.

Классификации в качестве *мест с высоким уровнем риска пожара* подлежат места с массовым пребыванием людей. Например, фабрики и склады взрывчатых веществ; термоэлектрические станции; добывающие предприятия; коммерческие и выставочные павильоны с закрытой площадью для посетителей более 10000 м²; пристани, аэропорты, железнодорожные станции с закрытой площадью для посетителей более 5000 м² и столичные; гостиницы на 200 мест; больницы, санатории и дома престарелых; школы любого порядка и степени на 1000 лиц; учреждения на 1000 работников и т.п.

Оценив уровень риска пожара, работодатель принимает меры пожарной безопасности, указанные в соответствующих приложениях Декрета. Они направлены на:

- а) уменьшение вероятности возникновения пожара (приложение II);
- б) устройство и содержание эвакуационных проходов и выходов (приложение III);
- в) осуществление мер для быстрого обнаружения пожара и своевременного приведения в действие систем оповещения и тушения (приложение IV);

- г) обеспечение тушения пожара (приложение V);
- д) обеспечение эффективности систем противопожарной защиты (приложение VI);
- е) пропаганду, агитацию и обучение работников (приложение VII).

Эти положения в основном аналогичны нормам ГОСТ 12.1.004 и НПБ [3], за исключением того, что в Декрете отсутствуют какие-либо указания на требуемые уровни обеспечения пожарной безопасности, вероятность возникновения пожара и соответствующие расчеты, предполагающие обязательное техническое образование руководителя предприятия.

На основании оценки уровня риска пожара работодатель принимает организационные и управленческие меры, направленные на исключение пожара, приводя их в плане эвакуации, разработанном в соответствии с правилами, изложенными в приложении VIII Декрета. При этом данные меры могут не указываться в плане эвакуации при числе рабочих мест менее 10.

Назначение работников, ответственных за пожарную безопасность, регламентируется планом эвакуации. Эти сотрудники предварительно проходят обучение на курсах подготовки при провинциальных пожарных командах. Кроме того, они должны иметь свидетельства, подтверждающие знание противопожарного оборудования, если их деятельность указана в приложении X данного Декрета или если работодатель добровольно считал необходимым иметь такие свидетельства. Порядок и типовые программы обучения работников, дифференцированные по уровням риска пожара на объекте, приводятся в приложении IX Декрета.

Приложение I Декрета регламентирует общие требования по оценке уровня риска пожара на рабочих местах. В Декрете приняты следующие определения:

- **опасность пожара:** особенность или присущее качество определенных материалов, оборудования или технологических процессов, которые представляют потенциальную опасность вызывать пожар;
- **риск пожара:** вероятность возникновения пожара и его воздействия на работников;
- **оценка риска пожара:** процесс оценки риска пожара в месте работы, вытекающий из обстоятельств установленной опасности пожара.

В процессе оценки риска пожара рассматриваются:

- а) вид деятельности;
- б) материалы, хранящиеся и обращающиеся в процессе производства;
- в) характеристика оборудования в месте работы;
- г) строительные параметры помещений, в которых производятся работы, включая облицовочные материалы;
- д) размеры и размещение мест работы;
- е) количество работников и других лиц, возможность их своевременной эвакуации в случае пожара.

Оценка риска пожара проводится в следующей последовательности¹:

- а) выявление опасности пожара (т.е. наличия легкогорючих и горючих веществ, источников зажигания, условий распространения пожара);
- б) выявление сотрудников и других лиц в месте работы, незащищенных в случае пожара;
- в) исключение или уменьшение опасности пожара;
- г) оценка опасности вторичных проявлений пожара;
- д) проверка соответствия существующих мер безопасности, то есть выявление существующих возможностей исключить или уменьшить вторичные проявления пожара.

Проведению организационно-управленческих и технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на объектах посвящено **приложение II** Декрета.

К требованиям технического типа относятся:

- безопасное устройство электрооборудования;
- обеспечение защиты против атмосферных разрядов;
- создание механической вентиляции помещений, в которых присутствуют пары, газы или горючие пыли;
- применение предохранительных устройств.

Требованиями организационно-управленческого типа являются:

- соблюдение порядка и чистоты;
- осуществление контроля за мерами безопасности;
- соблюдение безопасности технологического регламента;
- информирование и обучение работников.

Для принятия соответствующих мер пожарной безопасности в Декрете разъясняются причины и

¹ В этой связи необходимо отметить, что последовательность оценки риска пожара согласуется с определением “анализа пожарной опасности”, которое было дано автором статьи в работе [4]: “Анализ пожарной опасности заключается в определении условий образования горючей среды и появления в ней источников зажигания, приводящих к пожару; вероятных путей распространения пожара; наличия средств технической (конструктивной) защиты, а также систем сигнализации и пожаротушения с параметрами инерционности срабатывания (введение в действие), соответствующими динамике развития пожара на объекте”. Данное отступление сделано в связи с тем, что в отечественной нормативной литературе отсутствует четкое определение этого важного понятия.

случаи, которые могут привести к возникновению пожара и его распространению.

В **приложении III** Декрета рассматриваются требования к путям эвакуации при пожаре. В Декрете приняты определения:

- **безопасное место:** место, где люди могут считаться находящимися в безопасности от пожара;
- **безопасный путь:** путь, обеспеченный защитой от пожара, развивающегося в какой-либо части здания. В качестве безопасного пути принимается коридор, отделенный от других помещений, обособленная внутренняя или наружная лестницы;
- **основной выход:** выход, обеспечивающий людям безопасный проход, который может иметь следующие конфигурации:
 - а) выход непосредственно в безопасное место;
 - б) выход, ведущий в другое помещение, которое имеет выход в безопасное место;
 - в) выход, который выводит на наружную лестницу;
- **запасный выход** (используемый в случае эвакуации): любой выход, который обеспечивает беспрепятственный путь из здания или помещения в безопасное место.

Основные выходы должны отвечать следующим требованиям:

а) все места работы должны иметь альтернативные выходы, за исключением помещений малых размеров или со средним или низким уровнем риска пожара;

б) каждый выход должен быть независим от других и расположен таким образом, чтобы люди продвигались к нему рассредоточено;

в) наибольшая длина единственного пути эвакуации с этажа не должна превышать значений:

- 15–30 м (максимальное время эвакуации 1 мин) для мест с высоким уровнем риска пожара;
- 30–45 м (максимальное время эвакуации 3 мин) для мест со средним уровнем риска пожара;
- 45–60 м (максимальное время эвакуации 5 мин) для мест с низким уровнем риска пожара;

в) пути эвакуации должны всегда вести в безопасное место;

г) единственный выход, как правило, должен быть исключен.

При наличии двух и более рассредоточенных выходов с этажа длина пути эвакуации не должна превышать значений:

- 6–15 м (время пробега 30 с) для мест с высоким уровнем риска пожара;

- 9–30 м (время пробега 1 мин) для мест со средним уровнем риска пожара;
- 12–45 м (время пробега 3 мин) для мест с низким уровнем риска пожара.

Для мест со средним или низким уровнями риска пожара общая ширина проходов и выходов с этажа рассчитывается по формуле: $L = A/50 \cdot 0,60$, м, где A — число людей на этаже; 0,60 — минимальная ширина прохода (единий коэффициент прохода); 50 — максимальное количество людей, которые могут пересекать единый коэффициент прохода за установленное время эвакуации. Минимальная ширина выхода принимается не менее 0,80 м.

Требования к количеству и ширине лестниц предъявляются аналогично, как и к путям эвакуации. Необходимо, чтобы лестницы были защищены огнестойкими конструкциями и огнестойкими дверями, снабженными устройствами самозакрывания, за исключением помещений незначительных размеров со средним или низким уровнями риска пожара. Одна лестница допускается для зданий высотой не выше 24 м (для мест работы с низким или средним уровнями риска пожара), остальные должны иметь две или более лестниц. Для зданий, имеющих рабочие места с низким или средним уровнями риска пожара, общая ширина лестниц рассчитывается по формуле: $L = A^*/50 \cdot 0,60$, где A^* — общее количество людей на двух соседних этажах, начиная со второго, с учетом этажей с наибольшим количеством людей.

При невозможности выполнения вышеперечисленных требований к путям эвакуации Декрет устанавливает компенсационные (альтернативные) мероприятия по защите путей эвакуации²:

а) устройство рабочих мест и/или производства так, чтобы люди находились близко к выходам с этажа и опасные факторы пожара не могли воспрепятствовать уверенному использованию путей выхода;

б) уменьшение расстояния до выхода;

в) устройство дополнительных выходов с этажа;

г) создание защищенных дополнительных или расширение существующих путей;

д) установка автоматической системы обнаружения пожара и оповещения для снижения времени эвакуации.

В Декрете детально рассматриваются меры по ограничению распространения пожара на путях эвакуации, в частности регламентируются требования к:

- приспособлениям для защиты отверстий в стенах и/или перекрытиях (дверей, перегородок,

² Необходимо обратить внимание на то, что альтернативной конструктивной защите являются другие виды такой защиты. Пожарно-техническая защита путей эвакуации в виде установок пожарной сигнализации и оповещения направлена исключительно на снижение времени эвакуации. И совсем не применяется в качестве альтернативного решения устройство на путях эвакуации установок пожаротушения.

клапанов, люков и т.д.). Необходимо, чтобы двери на путях эвакуации открывались по направлению к выходу с этажа (здания) при наличии более 50 человек, если выход осуществляется из помещения с высоким уровнем риска пожара или на лестничную клетку. Раздвижные и вращающиеся двери, как правило, не допускаются на путях эвакуации. В то же время они могут быть устроены, если: раздвижные — легко открываются толчком по направлению к выходу и остаются в открытом положении при отсутствии электропитания, вращающиеся — имеют в непосредственной близости нормально открывающиеся двери;

- огнезащитите стены и/или перекрытий;
- знакам пожарной безопасности и освещению на путях эвакуации;
- защите лестниц, ведущих в подвальные этажи;
- устройству наружных лестниц.

И, наконец, установка игровых автоматов и ксероксов на путях эвакуации без отделения их противопожарными перегородками допускается, если эти аппараты не препятствуют движению людей к выходу.

Приложение IV Декрета регламентирует требования к системам оповещения о пожаре. Указывается, что в большинстве случаев достаточно одного вида звуковой тревоги. Звуковые колокола с ручным приводом или кнопки электрической сигнализации должны располагаться на расстоянии не более 30 м от наиболее удаленной точки помещения и устанавливаться у выходов с этажа здания.

Двухэтапная система тревоги заключается в оповещении об эвакуации непрерывным сигналом в зоне, где произошел пожар или вблизи от него, в то время как в другие зоны здания передается прерывистый сигнал тревоги, который не должен восприниматься, как сигнал полной эвакуации.

Система тревоги, основанная на постепенно возрастающей эвакуации, должна предусматривать сигнал полной эвакуации с этажей, где происходит пожар, а также находящихся выше. Другие этажи только оповещаются специальным сигналом опасности и сообщением посредством громкоговорителя.

В высотных зданиях (более 24 м), где постепенно возрастающая эвакуация не может быть осуществлена, предусматривают соответствующее деление на отсеки. В местах работы с большим числом людей предусматривают тревогу для работников, назначенных управлять эвакуацией.

Классификация пожаров, приведенная в **приложении V** Декрета, предусматривает четыре класса: А, В, С и D (по ИСО 3941–77). В отдельную катего-

Тип огнетушителя	Площадь защиты одним огнетушителем, м ² , при уровне риска пожара		
	низком	среднем	высоком
13 А-89 В	100	—	—
21 А-113 В	150	100	—
34 А-144 В	200	150	100
55 В-233 В	250	200	200

рию отнесены пожары установок и электрического оборудования под напряжением. Здесь же указываются огнетушащие вещества и способы тушения.

Расстояние от наиболее удаленной точки помещения до места расположения огнетушителя принимается не более 30 м. Выбор передвижных огнетушителей, их тип и число должны соответствовать классу пожара (таблица).

В Декрете особо подчеркивается, что переносные огнетушители устанавливаются для того, чтобы специально обученный персонал мог тушить пожар в начальной стадии.

Установки пожаротушения устраиваются в дополнение к огнетушителям, если невозможно исключить пожар. Они предусматриваются в местах работы больших площадей или для защиты помещений с высоким уровнем риска пожара.

В приложении VI Декрета регламентируется порядок надзора и периодического контроля противопожарных мер защиты: содержание путей эвакуации, систем пожаротушения и пожарной сигнализации. Даётся определение терминам: надзор, периодический контроль, техническое и повседневное обслуживание, внеплановый ремонт. При этом периодический контроль и техническое обслуживание должны осуществляться компетентным и квалифицированным персоналом.

Приводятся конкретные требования в части надзора и контроля за состоянием путей эвакуации, дверей (в том числе противопожарных) на путях выхода и их замков, устройств самозакрывания, систем сигнализации, освещения, дымоудаления.

Приложения VII и VIII Декрета определяют порядок информационного обеспечения и противопожарного обучения³.

Работодатель обязывается Декретом информировать работников о риске пожара; мерах предупреждения и защиты от пожара; расположении эвакуационных путей и выходов; действиях, которые следует предпринимать в случае пожара; об имени сотрудников, уполномоченных применять меры по предупреждению пожара, противопожарной борьбе и управлению в чрезвычайных обстоятельствах и оказывать первую медицинскую помощь.

³ Здесь необходимо отметить, что в Российской Федерации до сих пор отсутствует единая программа противопожарного обучения, на чем автор подробно остановился в работах [5–8].

Информация должна быть предоставлена одновременно с приемом на работу и обновлена в случае изменений на рабочих местах, которые влекут за собой переоценку уровня риска.

В **приложении IX** приводится список видов деятельности предприятий с высоким, средним и низким уровнями риска, а также дается минимальное содержание и продолжительность курсов повышения квалификации, соответствующих им.

Содержание курсов повышения квалификации

Курс А: противопожарный курс для работников предприятий с низким уровнем риска пожара (длительность — 4 ч):

- 1) пожар и предупреждение (1 ч);
- 2) противопожарная защита и действия, которые следует принимать в случае пожара (1 ч);
- 3) практические занятия (2 ч).

Курс В: противопожарный курс для работников предприятий со средним уровнем риска пожара (длительность — 8 ч):

- 1) пожар и предупреждение пожара (2 ч);
- 2) противопожарная защита и меры, принимаемые в случае пожара (3 ч);
- 3) практические упражнения (3 ч).

Курс С: противопожарный курс для работников предприятий с высоким уровнем риска пожара (длительность — 16 ч):

- 1) пожар и его предупреждение (4 ч);
- 2) противопожарная защита (4 ч);
- 3) меры, которые следует принимать в случае пожара (4 ч);
- 4) практические упражнения (4 ч).

Полный текст законодательства Италии в области пожарной безопасности можно найти на сайте издательства “Пожарная книга”:
<http://www.fire-book.ru>.

Выводы

1. Современное противопожарное нормирование в Российской Федерации требует серьезного пересмотра подходов к разработке и реализации требований пожарной безопасности.

2. При разработке технического регламента в области пожарной безопасности основной упор необходимо сделать на доступность и реальную возможность выполнения требований пожарной безопасности руководителями организаций, учреждений и предприятий независимо от уровня их образования.

3. Введение понятия “оценка риска пожара” (“анализ пожарной опасности”) и соответствующего определения является важным составляющим во всей пожарно-профилактической работе, как руководителей предприятий, так и надзорных органов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro (pubblicato sul S. O. n. 64 alla Gazzetta Ufficiale n. 81 del 7 aprile 1998).
2. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ “О техническом регулировании”.
3. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрыво-пожарной и пожарной опасности.
4. Собурь С. В. Пожарная безопасность предприятия. Курс пожарно-технического минимума. — М.: Спецтехника, 1998. — С. 55.
5. Собурь С. В. Обучение населения мерам пожарной безопасности // Пожары и окружающая среда: Материалы XVII Международной науч.-практ. конф. — М.: ВНИИПО, 2002. — С. 389–391.
6. Собурь С. В. Об опыте обучения руководителей предприятий мерам пожарной безопасности в городе Москве // Пожары и окружающая среда: Материалы XVII Международной науч.-практ. конф. — М.: ВНИИПО, 2002. — С. 391–393.
7. Собурь С. В. Из опыта разработки положений о добровольных противопожарных формированиях города Москвы / Пожары и окружающая среда: Материалы XVII Международной науч.-практ. конф. — М.: ВНИИПО, 2002. — С. 393–396.
8. Собурь С. В. Пожарная безопасность: состояние и перспективы обучения в школе // Официальный сервер Правительства Москвы (www.mos.ru). Выпуск “Чрезвычайные ситуации: дети, школа, безопасность”. — М., 2000.

Поступила в редакцию 11.08.05.

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ. СПРАВОЧНИК

РЕЕСТР АККРЕДИТОВАННЫХ ОРГАНОВ ПО СЕРТИФИКАЦИИ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, действующих на 23 августа 2005 г.

№	Наименование и адрес организации-заявителя	Регистрационный № аттестата	Дата регистрации в ССПБ, № приказа регистрации	Дата окончания действия аттестата
1	Федеральное государственное учреждение “Всероссийский орден “Знак Почета” научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ОС “ПОЖТЕСТ” ФГУ ВНИИПО МЧС РФ) 143903, Московская область, г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12	ССПБ. RU. УП.001	24.02.2005	24.02.2010
2	Федеральное государственное учреждение “Всероссийский орден “Знак Почета” научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий” (Санкт-Петербургский филиал) (ОС ФГУ ВНИИПО МЧС РФ (Санкт-Петербургский филиал)) 193079, г. Санкт-Петербург, Октябрьская наб., 35	ССПБ. RU. ОП.002	23.06.2005	23.06.2010
3	Закрытое акционерное общество “Центр сертификации и испытаний “Огнестойкость-ЦНИИСК” (ЗАО “ЦСИ “Огнестойкость-ЦНИИСК”), 109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., д. 6. Тел./факс: (495) 174-79-04, 709-32-84, 709-32-82, 709-32-83, e-mail: info@tsniiskfire.ru, www.tsniiskfire.ru. Генеральный директор — Ковыршина Наталья Васильевна	ССПБ. RU. ОП.031	30.06.2003	30.06.2008
4	Открытое Акционерное общество “Всероссийский научно-исследовательский институт Сертификации” (ОС НСО ГОСТ Р) 123557, г. Москва, Электрический пер., д. 3/10, строение 1	ССПБ. RU. ОП.003	24.02.2005	24.02.2010
5	Закрытое акционерное общество “Региональный орган по сертификации и тестированию” (ОС ПП “Ростест-Москва” ЗАО “Ростест”) 119049, г. Москва, ул. Житная, д. 14, стр. 1	ССПБ. RU. ОП.004	23.06.2005	23.06.2010
6	Некоммерческое партнерство “Южно-Уральское техническое общество” (ОС НП “ЮУрТО”) Сертификация строительных материалов и конструкций электротехнических изделий и кабельной продукции. 456318, Челябинская область, г. Миасс, пр. Октября, 66. Тел.: (35135) 3-78-25, факс: (35135) 4-44-73, e-mail: yuuroto@miass.ru. Руководитель органа по сертификации — Кошкина Елена Алексеевна	ССПБ. RU. ОП.013	23.06.2005	23.06.2010

№	Наименование и адрес организации-заявителя	Регистрационный № аттестата	Дата регистрации в ССПБ, № приказа регистрации	Дата окончания действия аттестата
7	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования “Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий” (ОС Академия ГПС МЧС РФ) 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4	ССПБ. RU. ОП.014	29.01.2003 31.08.2004 30.11.2004	29.01.2006 31.08.2009 30.11.2009
8	Автономная некоммерческая организация по сертификации “ЭлектроСерт” (ОС “ПОЖПОЛИСЕРТ” АНО по сертификации “ЭЛЕКТРОСЕРТ”) 129226, г. Москва, ул. Сельскохозяйственная, 12-А	ССПБ. RU. ОП.019		
9	Федеральное государственное учреждение “Центр Сертификации аппаратуры охранно-пожарной сигнализации” Главного управления вневедомственной охраны Министерства внутренних дел Российской Федерации (ОС ПБ ФГУ “ЦСА ОПС” ГУВО МВД РФ) 143903, Московская область, г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12	ССПБ. RU. ОП.021		
10	Государственное учреждение “Управление Государственной противопожарной службы ГУВД Челябинской области” (ОС “ЧЕЛЯБИНСКПОЖТЕСТ” ГУ “УГПС ГУВД Челябинской области”) 454091, г. Челябинск, ул. Пушкина, д. 68	ССПБ. RU. ОП.023	19.06.2003 31.08.2009	19.06.2006 30.11.2009
11	Сибирский филиал федерального государственного учреждения “Всероссийский ордена “Знак Почета” научно–исследовательский институт противопожарной обороны” Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ОС “СИБПОЖТЕСТ” Сибирского филиала ФГУ ВНИИПО МЧС РФ) 660049, г. Красноярск, пр. Мира, д. 68	ССПБ. RU. ОП.025		24.02.2005 31.08.2009
12	Московское областное общественное учреждение “Региональный сертификационный центр “Опытное” (ОС МООУ “РСЦ “ОПЫТНОЕ”) 105179, Московская область, г. Балашиха, мкр. им. Гагарина, 26 ЦНИИ МО РФ	ССПБ. RU. ОП.032	28.06.2003 31.08.2009	28.06.2008 30.11.2009
13	Автономная некоммерческая организация “Южно-Российский Центр экспертизы противопожарной безопасности в строительстве” (ОС “СтройПОЖТЕСТ” АНО “ЮРЦЭПБС”) <i>В системе ССПБ аккредитован орган по сертификации и испытательная лаборатория. Организация взаимодействует с другими аккредитованными органами по сертификации и лабораториями, проводит экспертизу строительных материалов и конструкций в рамках требований действующих на территории РФ строительных норм и правил и ГОСТ. Документация предоставляется по системе “одно окно”.</i> 344019, г. Ростов-на-Дону, ул. Советская, д. 27. Тел.: (8632) 21-40-39, тел./факс: (8632) 91-43-01, 51-87-48, e-mail: buildprojtest@aaanet.ru, www.buildprojtest.aaanet.ru. Руководитель органа по сертификации — Карпова Ольга Евгеньевна	ССПБ. RU. ОП.034		30.06.2004 31.08.2009
14	Автономная некоммерческая организация “Научно-технический центр стандартизации метрологии подтверждения соответствия (сертификации)” (АНО “Тест-С.-Петербург”) 190103, г. Санкт-Петербург, ул. Курляндская, д. 1. Тел. (812) 575-01-50, e-mail: ivanova@rustest.spb.ru, bogdanova@rustest.spb.ru. Руководитель органа по сертификации — Иванова Галина Николаевна. Контакты: Богданова Светлана Николаевна	ССПБ. RU. ОП.035	25.11.2002 31.08.2009	25.11.2007 30.11.2009

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ. СПРАВОЧНИК

№	Наименование и адрес организации-заявителя	Регистрационный № аттестата	Дата регистрации в ССПБ, № приказа регистрации	Дата окончания действия аттестата
15	Общество с ограниченной ответственностью “Приморский центр сертификации” № 45 (ОС ООО “Приморский центр сертификации”) 690600, г. Владивосток, ул. Прапорщика Комарова, д. 54	ССПБ. RU. ОП.036	25.11.2002	25.11.2005
16	Общество с ограниченной ответственностью “Томский центр сертификации и менеджмента” (ОС ООО “ТЦСМ”) 634041, Томская область, г. Томск, ул. Новгородская, д. 39	ССПБ. RU. ОП.037	24.02.2005	24.02.2008
17	Общество с ограниченной ответственностью “Центр сертификации и качества “Пермь-Стандарт-Тест” (ОС ООО “ЦСК “Пермь-Стандарт-Тест”)	ССПБ. RU. ОП.039	29.01.2003	29.01.2006
18	Общество с ограниченной ответственностью “Башпротек” (ОС “БАШПРОТЕК-ПОЖТЕСТ” ОOO “Башпротек”) 450078, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Харьковская, д. 120/1	ССПБ. RU. ОП.040	30.11.2004	30.11.2007
19	Автономная некоммерческая организация “Пожарные Подмосковья” (ОС АНО “Пожарные Подмосковья”) 105062, г. Москва, ул. Покровка, д. 26/1, стр. 3, оф. 36. Тел./факс: (095) 917-24-02. Руководитель органа по сертификации — Рубцова Наталья Владимировна	ССПБ. RU. ОП.041	12.03.2004	12.03.2007
20	Общество с ограниченной ответственностью “Южный центр сертификации и испытаний” (ОС ПБ ОOO “ЮГ-ТЕСТ”) 344010, г. Ростов-на-Дону, пр. Соколова, д. 58	ССПБ. RU. ОП.043	28.06.2003	28.06.2006
21	Федеральное государственное унитарное предприятие “Государственный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт химии и технологии элементоорганических соединений” (ОС “ПОЖЦЕНТР” ФГУП “ГНИИХТЭОС”) 111123, г. Москва, Шоссе Энтузиастов, д. 38	ССПБ. RU. ОП.044	09.12.2003	09.12.2006
22	Автономная некоммерческая организация “Система пожарной безопасности-01-ТЕСТ” (ОС АНО “СПБ-01-ТЕСТ”), 199406, г. Санкт-Петербург, ул. Остроумова, д. 21/76	ССПБ. RU. ОП.046	30.06.2004	30.06.2009
23	Автономная некоммерческая организация “Пож-Аудит” (ОС “ПОЖ-АУДИТ” АНО “ПОЖ-АУДИТ”) 109507, г. Москва, Ферганский проезд, д. 10Б, стр. 2. Почтовый адрес: 109456, Москва, а/я 4, АНО “ПОЖ-АУДИТ”. Тел./факс: (095) 171-09-34, e-mail: pozhaudit@yandex.ru. Директор — Коротких Виталий Федорович	ССПБ. RU. ОП.047	31.08.2004	31.08.2009
24	Управление Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ОС “КУРСКПОЖСЕРТ” УГПС МЧС России Курской области) Почтовый адрес: 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, д. 116-Б. Тел.: (0712) 57-14-32, тел./факс: (0712) 57-11-01. Руководитель органа по сертификации — Малыхин Сергей Афанасьевич	ССПБ. RU. ОП.048	31.08.2004	31.08.2007
25	Министерство по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям Кабардино-Балкарской Республики (ОС “КБПОЖСЕРТ” МЧС Кабардино-Балкарской Республики) 360017, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского, д. 19	ССПБ. RU. ОП.049	31.08.2004	31.08.2007

№	Наименование и адрес организации-заявителя	Регистрационный № аттестата	Дата регистрации в ССПБ, № приказа регистрации	Дата окончания действия аттестата
26	Автономная некоммерческая организация “КубаньПожТест” (ОС АНО “КубаньПожТест”) 350007, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Захарова, д. 55	ССПБ. RU. ОП.050	30.11.2004 30.11.2007	
27	Фонд пожарной безопасности (некоммерческая организация) — Нижегородский филиал (ОС “ПОЖТЕСТ НН” филиала Фонда пожарной безопасности по Нижегородской области) 603022, г. Нижний Новгород, Окский съезд, д. 6	ССПБ. RU. ОП.051	30.11.2004 30.11.2007	
28	Министерство по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям Республики Татарстан (ОС “ТАТПОЖСЕРТ” МЧС Республики Татарстан) 420141, г. Казань, ул. Кул Гали, д. 4. Тел./факс: (843) 261-99-04, 299-91-61, e-mail: ipl@kgts.ru. Руководство: Башаров Феликс Фуатович, Гуськов Андрей Сергеевич	ССПБ. RU. ОП.052	30.11.2004 30.11.2007	
29	Общество с ограниченной ответственностью “МП сертификационная лаборатория бытовой электротехники ТЕСТБЭТ” (ОС ПБ ТЕСТБЭТ ООО “ТЕСТБЭТ”) 119334, г. Москва, Андреевская наб., д. 2	ССПБ. RU. ОП.053	30.11.2004 30.11.2007	
30	Испытательная пожарная лаборатория Управления Государственной противопожарной службы Оренбургской области МЧС РФ (ОС “ОРЕНБУРГПОЖТЕСТ” ИПЛ УГПС Оренбургской области МЧС РФ) 460004, г. Оренбург, пер. Станочный, д. 1А	ССПБ. RU. ОП.054	30.11.2004 30.11.2009	
31	Пожарно-испытательный центр Приволжско-Уральского регионального центра по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ОС “УРАЛ-01-ТЕСТ” ПурПИЦ МЧС РФ”) 620085, г. Екатеринбург, ул. Ферганская, д. 16	ССПБ. RU. ОП.055	24.02.2005 24.02.2008	
32	Общество с ограниченной ответственностью “Уральский центр сертификации и испытаний “Уралсертификат” (ОС “УРАЛПОЖСЕРТ” ООО “УЦСИ “Уралсертификат””) 620142, г. Екатеринбург, ул. Чапаева, д. 14/5. Фактический адрес: г. Екатеринбург, ул. Мамина Сибиряка, д. 85. Почтовый адрес: 620075, г. Екатеринбург, а/я 297. Тел.: (343) 376-13-43, e-mail: urcsi@urcsi.ru. Директор — Василенко Зоя Виниаминовна	ССПБ. RU. ОП.056	24.02.2005 24.02.2008	
33	Автономная некоммерческая организация “Центр сертификации продукции и систем менеджмента качества “НОРМАТЕСТ” (ОС АНО “НОРМАТЕСТ”) 109052, г. Москва, ул. Смирновская, д. 1А	ССПБ. RU. ОП.057	23.06.2005 23.06.2008	
34	Общество с ограниченной ответственностью “Волгапожтест” (ОС “ВОЛГОГРАД” ООО “Волгапожтест”) 400131, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, д. 22, корп. А, кв. 33	ССПБ. RU. ОП.058	23.06.2005 23.06.2008	

По данным Управления Государственного пожарного надзора МЧС России



Издательство ООО НТЦ “ПожНаука”
109052, г. Москва, ул. Смирновская, д. 1А
(095) 918-0311, 918-0360, 918-1890
fire-science@pisem.net; www.firepress.ru

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Издательство “Пожнаука” более 10 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, издаваемая ООО “Пожнаука”, распространяется по всей территории Российской Федерации, странам СНГ, Балтии и в ряде зарубежных стран.

Специализированный журнал “Пожаровзрывобезопасность”

Издаётся с 1992 года. Периодичность — 6 номеров в год. С октября 2001 года 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.

Журнальное приложение “Пожарная безопасность в строительстве”

Издаётся с декабря 2004 года. Периодичность — 6 номеров в год. 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: 2-я полоса обложки — 28000 руб. + 1 ч/б полоса бесплатно
3-я полоса обложки — 28000 руб. + 1 ч/б полоса бесплатно
4-я полоса обложки — 35000 руб. + 2 ч/б полоса бесплатно
2. Рекламная статья: 1/1 полоса — 12000 руб.
3. Статья обзорно-аналитического, проблемного, научно-технического характера — бесплатно.
4. Рекламные модули

Размер модуля	Стоимость модуля, руб.	
	цветной	черно-белый
1/1 полосы (215 × 300 мм)	17000	12000
1/2 полосы (190 × 137 мм)	11000	Договорная
1/4 полосы (94 × 137 мм)	Договорная	Договорная

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

Технические требования к макету

Растровые оригинал-макеты представляются в форматах TIF, PSD (с необъединенными слоями) с разрешением не менее 300 dpi, черно-белая штриховая графика — 600 dpi. Размер элементов на вылет — 5 мм. Цветовая модель — CMYK.

Векторные оригинал-макеты передаются в CDR, AI, EPS. Шрифты должны быть в кривых. Цветовая модель — CMYK.

Размер оригинал-макета должен точно соответствовать размеру рекламного модуля. К каждому оригинал-макету прилагается распечатка.

Возможно изготовление оригинал-макета рекламного модуля исполнителем.

Спецпредложение!

Для наших рекламодателей мы предоставляем возможность бесплатного распространения буклетов и листовок (200 экз.) на выставках в г. Москве, в которых данный номер журнала будет принимать участие.

ПРЕДЛАГАЕМ ВАМ СЛЕДУЮЩИЕ ИЗДАНИЯ В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Наименование	Цена руб./экз.
ДЛЯ ПОДПИСЧИКОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ!	
Научно-технический журнал “Пожаровзрывобезопасность”	
Практическое приложение “Пожарная безопасность в строительстве”	
Специализированное издание о последних достижениях в сфере предупреждения и тушения пожаров с приложением по проблемам пожарной безопасности в строительстве.	
Периодичность выхода комплекта — 6 раз в год.	
1 комплект I полугодия 2006 г.	349
Полугодовая подписка комплекта I полугодия 2006 г.	1047
<hr/>	
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” (архив на CD-диске)	
№№ 2002 г., 2003 г., 2004 г.	204
Стоимость электронной версии одного журнала	
<hr/>	
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” с приложением “Пожарная безопасность в строительстве” (архив на CD-диске) №№ 2005 г.	324
Стоимость электронной версии одного комплекта	
<hr/>	
УЧЕБНЫЕ И СПРАВОЧНЫЕ ИЗДАНИЯ	
A. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко “Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения” Справочник в 2-х томах / 2004 г.	1850
H. N. Брушлинский, A. Я. Корольченко “Моделирование пожаров и взрывов” (переиздание)	300
L. P. Пилигин “Обеспечение взрывоустойчивости зданий с помощью предохранительных конструкций” Монография (переиздание)	200
B. M. Ройтман “Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий” (переиздание)	250
A. Я. Корольченко, D. B. Трушкин “Пожарная опасность строительных материалов” Учебное пособие / 2006 г.	200
A. Ф. Зайцев “Методы расчета прогрева строительных конструкций при пожарах” Монография / 2006 г.	250

НОВИНКА

200

НОВИНКА

250

ПОЖАРОВЗРЫВБЕЗОПАСНОСТЬ. СПРАВОЧНИК

Наименование	Цена руб./экз.
А. Я. Корольченко, О. Н. Корольченко “Средства огнезащиты” Справочник / 2006 г.	НОВИНКА 150
Н. А. Тычино “Огнезащита и биозащита строительной древесины посредством капиллярной пропитки” Монография / 2004 г.	175
В. Н. Баранин “Экономика чрезвычайных ситуаций и управление рисками” Учебное пособие / 2004 г.	120
А. Ф. Шароварников, В. Л. Молчанов, С. С. Воевода, С. А. Шароварников “Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов” Учебное пособие / 2006 г.	НОВИНКА 350
А. Ф. Шароварников, С. А. Шароварников “Пенообразователи и пены для тушения пожаров.” Состав. Свойства. Применение” Справочник / 2006 г.	НОВИНКА 250
М. М. Любимов, С. В. Собурь “Пожарная и охранно-пожарная сигнализация” Справочник в двух томах / 2005 г.	НОВИНКА 380
В. А. Грачев, Д. В. Поповский, В. В. Теребнев “Газодымозащитная служба” Учебник / 2006 г.	НОВИНКА *
В. А. Грачев “Средства и защита органов дыхания” Справочник / 2006 г.	НОВИНКА *
В. В. Теребнев “Пожарная безопасность. Аварийно-спасательные работы” Справочник в двух томах / 2006 г.	НОВИНКА *
В. С. Родин, О. Н. Найденков, С. В. Собурь “Справочник инспектора пожарного надзора” Справочник в двух томах / 2005 г.	НОВИНКА 350
Сборник официальных материалов по пожарной безопасности Выпуск 2005 г.	300
СЕРИЯ “СОВРЕМЕННАЯ ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ”	
А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко “Основы пожарной безопасности предприятия.” Полный курс пожарно-технического минимума” Учебное пособие / 2006 г.	НОВИНКА *
СЕРИЯ “ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА И ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ”	
В. В. Теребнев “Справочник руководителя тушения пожара”. Тактические возможности пожарных подразделений. Справочник / 2004 г.	120
В. В. Теребнев “Общественные здания и сооружения” Справочник / 2006 г.	НОВИНКА *
В. В. Теребнев “Промышленные здания и сооружения” Справочник / 2006 г.	НОВИНКА *
В. В. Теребнев “Здания повышенной этажности”. Справочник / 2006 г.	НОВИНКА *

* Цена издания будет указана дополнительно; см. № 1 за 2006 г.

Наименование	Цена руб./экз.
В. В. Теребнев “Объекты добычи, переработки и хранения горючих жидкостей и газов” Справочник / 2006 г.	 *
В. В. Теребнев “Леса, торфяники, лесосклады”. Справочник / 2006 г.	 *
В. В. Теребнев “Транспорт: наземный, морской, речной, воздушный, метро” Справочник / 2006 г.	 *
Электронная версия серии “ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА И ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ” В сборник входят семь справочников + комплект типовых инструкций по пожарной безопасности	 *
Электронная версия комплекта типовых инструкций по пожарной безопасности для руководителя предприятия	1000
СЕРИЯ “БИБЛИОТЕКА НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РАБОТНИКА”	
С. В. Собурь “Пожарная безопасность”. Справочник / 2004 г.	120
С. В. Собурь “Пожарная безопасность промпредприятий” Справочник / 2004 г.	100
С. В. Собурь “Пожарная безопасность складов” Справочник / 2004 г.	100
С. В. Собурь “Пожарная безопасность общественных и жилых зданий” Справочник / 2004 г.	100
С. В. Собурь “Пожарная безопасность нефтегазохимических предприятий” Справочник / 2004 г.	120
С. В. Собурь “Пожарная безопасность сельскохозяйственных предприятий” Справочник / 2004 г.	45
СЕРИЯ “ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ”	
С. В. Собурь “Пожарная безопасность предприятия”. Курс пожарно-технического минимума. Справочник / 2004 г.	190
С. В. Собурь “Краткий курс пожарно-технического минимума” Справочник / 2004 г.	80
С. В. Собурь “Огнетушители” Справочник / 2006 г.	60
С. В. Собурь “Заполнение проемов в противопожарных преградах” Справочник / 2002 г.	90
С. В. Собурь “Установки пожаротушения автоматические” Справочник / 2004 г.	120
С. В. Собурь “Установки пожарной сигнализации” Справочник / 2004 г.	100
С. В. Собурь “Пожарная безопасность электроустановок” Справочник / 2004 г.	120
С. В. Собурь “Огнезащита материалов и конструкций” Справочник / 2004 г.	120
С. В. Собурь “Предпринимателю о пожарной безопасности предприятия” Справочник / 2004 г.	100
С. В. Собурь “Доступно о пожарной безопасности” Брошюра / 2004 г.	20

* Цена издания будет указана дополнительно; см. № 1 за 2006 г.

Для наших распространителей существует гибкая система скидок!

Образец заявки для оформления заказа на литературу или электронные версии
Заявку направить в отдел распространения издательства ООО НТЦ “ПожНаука”:

- ✓ по почте: 109652, г. Москва, ул. Смирновская, д. 1А;
- ✓ по тел./факсу: (095) 918-03-11, 918-03-60, 918-18-90 (многоканальные);
- ✓ по e-mail: firescience@pisem.net.

Название организации, реквизиты (ИНН/КПП обязательно)	ВНИМАНИЮ ЗАКАЗЧИКОВ! <u>Электронные версии высылаются</u> <u>по электронной почте!</u>
Наименование и количество заказываемой литературы (электронных версий)	
Вид доставки <ul style="list-style-type: none">• самовывоз• почтовая (+20% от стоимости заказа)	
Почтовый адрес, тел./факс, контактное лицо, e-mail	

ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ!

Издательство “Пожаровзрывобезопасность и наука” продолжает подписку на 1-е полугодие 2006 г. на специализированный научно-технический журнал “Пожаровзрывобезопасность” с приложением “Пожарная безопасность в строительстве”.

Стоимость подписки на 1-е полугодие 2006 г. — 1047 руб.

Подписка осуществляется:

- в почтовом отделении по каталогам “Роспечать” (83340) и ЗАО АПР (83647);
- через подписные агентства ООО “Вся пресса”, ООО “Интерпоста”, ООО “Эльстадт” и ООО “УРАЛ-ПРЕСС”.

Посетите наши страницы на интернет-сайтах: www.0-1.ru, www.fireevacuation.ru!

Контактные телефоны: (095) 918-0311, 918-0360, 918-1890 (многоканальные)

E-mail: fire-sci@mail.ru, firescience@pisem.net

Отдел рекламы: Нестерова О. И., Бахлычева С. Н., Абдулаева Э. Р.

Отдел распространения: Королева Е. А., Комова М. Н., Лаптенок А. В.



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт инженерной безопасности в строительстве
109052, г. Москва, Смирновская ул., 1А

Учебно-выставочный центр: тел./факс: (095) 918-0311, 918-0360, 918-1890,
www.mgsu.ru, e-mail: firescience@pisem.net

Лицензии: Министерства образования РФ № 24 Г-0978, ГУ ГПС МЧС № 1/01061

Диплом Международной выставки
“Пожарная безопасность на рубеже XXI века”,
г. Москва, 2002 г.

Золотая медаль Международной
выставки “Пожарная безопасность–2003”
за подготовку кадров

С целью предотвращения чрезвычайных ситуаций, снижения рисков технологического и техногенного характера
предлагаем участие в образовательном процессе в **области пожарной безопасности и охраны труда**, организованном в Учебно-выставочном центре Института инженерной безопасности в строительстве МГСУ.

Учебно-выставочный центр ИИБС МГСУ (МИСИ) основан в 1998 г. и имеет богатый опыт в подготовке специалистов в области пожарной безопасности и охраны труда. Выпускниками центра стали специалисты таких ведущих предприятий страны, как Московская городская телефонная сеть, ФГУП “Атомэнергопроект” (г. Москва), ОАО “Транссибнефть” (г. Омск), ЗАО МПБК “Очаково” (г. Москва), ОАО “Северсталь” (г. Череповец), ФГУП “Сибирский химический комбинат” (г. Северск Томской области), АК “Алроса” (ЗАО) (г. Мирный, Республика Саха, Якутия) и др.

За последнее время тематика подготовки специалистов для различных отраслей народного хозяйства значительно расширена. Организована профессиональная переподготовка специалистов-практиков на право занимать ответственные должности в сферах пожарной безопасности и охраны труда. Проводится подготовка кадров для предприятий и организаций, желающих получить лицензии ГУ ГПС МЧС России на право осуществления деятельности в области пожарной безопасности, а также специалистов, желающих повысить свой квалификационный уровень, познакомиться с новинками в области пожарной безопасности.

Принимаются заявки на подготовку специалистов с осени 2005 г. по программе **второго высшего образования по специальности 330400 “Пожарная безопасность”**.

Ежегодно расширяется география деловых связей УВЦ с организациями и предприятиями РФ, для которых предпочтительным является обучение своих специалистов в одном из ведущих ВУЗов страны высококвалифицированным преподавательским составом — профессорами и доцентами МГСУ (МИСИ), Академии Государственной противопожарной службы МЧС России, а также известными специалистами-практиками, руководителями крупных фирм-производителей.

Обучение проводится по очно-заочной форме индивидуально и в группах, программы и тематики занятий разработаны с учетом их отраслевого назначения. По заявкам предприятий проводятся выездные занятия по пожарной безопасности в регионах РФ с учетом специфики их деятельности. Всем слушателям оказывается большая информационная поддержка по нормативной и справочной литературе.

Помимо теоретических знаний в условиях Учебно-выставочного центра слушатели знакомятся с передовыми достижениями ведущих предприятий отрасли на постоянно действующей выставке **“Современные средства обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений”**. Организуются выездные занятия по изучению передового опыта на специализированных выставках г. Москвы.

По окончании обучения слушателям выдаются диплом или удостоверение государственного образца.

Обучение и размещение экспонатов проводятся на платной основе. Предусмотрена гибкая система скидок.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПО ОБУЧЕНИЮ В УВЦ В 2005 г.

Стоймость на 1 чел.

1. Краткосрочное повышение квалификации по программам дополнительного профессионального образования:

- пожарная безопасность объектов, автоматические установки пожаротушения, охранно-пожарная сигнализация, системы охранного телевидения, контроля и управления доступом, огнезащита строительных материалов и конструкций, пожарная безопасность предприятий нефтегазового комплекса и другие по заявкам организаций (в объеме 72 академических часов)
- пожарно-технический минимум (в объеме 40 академических часов)
- охрана труда (в объеме 40 академических часов)

9100 руб.

10500 руб.

8500 руб.

15000 руб.

4100 руб.

4100 руб.

2. Профессиональная переподготовка:

- по пожарной безопасности (в объеме 550 академических часов)
- по охране труда (в объеме 510 академических часов)

35 000 руб.

35 000 руб.

3. Второе высшее образование по специальности 330400 “Пожарная безопасность” (3,5 года)

36000 руб./год



К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

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

Редакция просит авторов при подготовке рукописи руководствоваться изложенными ниже правилами.

1. Статья должна быть представлена в двух экземплярах, ясно изложена, тщательно отредактирована и подписана автором. Корректура авторам не высылается. Редакция будет признательна авторам за представление текста статьи и графического материала в электронном виде.

2. Размер статей, как правило, не должен превышать 20 стр. машинописного текста, включая иллюстрации, таблицы и библиографию.

3. Текст статьи должен быть напечатан через 2 интервала без помарок и вставок на одной стороне стандартного листа формата А4 с левым полем 3 см.

4. Материал статьи излагается в следующей последовательности:

- номер УДК (универсальная десятичная классификация);
- название статьи;
- имена, отчества и фамилии авторов (полностью), должности, степени, звания, название организации, фотография, контактный телефон;
- реферат (на русском и английском языках);
- текст статьи;
- цитируемая литература;
- подписи к рисункам;
- рисунки.

5. К статье необходимо приложить расширенную аннотацию на английском языке (объем не ограничивается) для наилучшего представления Вашей работы за рубежом.

6. Сокращения и условные обозначения физических величин должны соответствовать действующим международным стандартам (см. Политехнический словарь, 1989, с.647–649). 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. Буквенные обозначения, входящие в формулы, должны быть расшифрованы с указанием единиц измерения.

7. Иллюстрации 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). Все иллюстрации должны иметь сквозную нумерацию. Номера проставляются простым карандашом на каждом рисунке, а также в рукописи на левом поле страницы против соответствующего места в тексте. На обороте каждого рисунка ставится название статьи и фамилия автора. Чертежи в качестве иллюстраций не приемлемы.

8. 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 перечня аналогичен приведенному в последнем номере журнала.

9. Отклоненные статьи автору не возвращаются. Просьба редакции о переработке материала не означает, что он принят к печати. Приглашаем Вас к сотрудничеству на страницах нашего журнала.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ статьй, опубликованных в журнале за 2005 год

Фамилии авторов и названия статей	Номер журнала	Стр.
ЮБИЛЕИ		
Вогман Леонид Петрович (к 70-летию со дня рождения)	4	3
Топольский Николай Григорьевич (к 60-летию со дня рождения).....	3	3
История: Чернобыль, апрель 1986 г.	1	5
Памяти Леонида Петровича Телятникова — легендарного пожарного с Чернобыльской АЭС	1	3
НОВОСТИ, КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ		
№№ 1–6		
МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ		
“ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ–2005”		
Гаращенко Н. А., Бельцова Т. Г. Способы огнезащиты клеедеревянных конструкций	5	34
Демин А. П. Спасательный рукав — в правила пожарной безопасности.....	5	40
Кашевник Б. Л. Условия для возможности использования на зданиях аварийно-спасательного снаряжения. Проблемы и решения	5	37
Корольченко А. Я., Ми Зуй Тхань. Нормативное регулирование пожарной безопасности зданий	5	15
Меркулов А. В., Меркулов В. А. Оптимизация выбора установок газового пожаротушения	5	28
Можарова Н. П. Составы для огнезащиты строительных конструкций различного назначения	5	31
Прохоренко К. В. Противопожарная защита складских помещений с большими объемом и высотой складирования горючих материалов модулями порошкового пожаротушения “ОПАН”.....	5	23
Себенцов Д. А. Проблемы и тенденции рынка пожарной безопасности России.....	5	20
Чуйков Е. В. Установки газового пожаротушения.....	5	25
ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ		
Кузнецов Г. В., Таратушкина Г. В. Воспламенение конденсированного вещества частицей в условиях неидеального теплового контакта.....	6	16
Полетаев А. Н., Полетаев Н. Л. Точные решения задач о стационарном движении пламени с кромками в гидродинамическом приближении	2	16
ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ		
Иличкин В. С., Смирнов Н. В., Елисеев Ю. Н., Белоусов Ю. Ю., Зайцев А. А., Комова М. А. Определение показателя токсичности продуктов горения материалов экспериментально-расчетным методом	3	29
Трушкин Д. В. Проблемы экспериментального определения горючести пенополистирола.....	4	12
Трушкин Д. В., Корольченко А. Я. Рекомендации по проведению испытаний строительных материалов на пожарную опасность. Часть II. Рекомендации к проведению испытаний по определению токсичности летучих продуктов горения строительных материалов	2	23
Трушкин Д. В., Корольченко А. Я. Рекомендации по проведению испытаний строительных материалов на пожарную опасность. Часть III. Рекомендации к выбору нагревательного элемента электронагревательного излучателя.....	3	21

ТЕМАТИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Фамилии авторов и названия статей	Номер журнала	Стр.
ОГНЕЗАЩИТА		
Гаращенко А. Н., Страхов В. Л., Рудзинский В. П., Казиев М. М. Расчет огнезащиты из материалов на основе минеральных вяжущих (на примере покрытия СОТЕРМ-1М)	4	17
Корольченко А. Я., Гаращенко Н. А. Особенности огнезащиты конструкций из древесины вспучивающимися покрытиями	1	38
Назаренко В. А., Гаращенко А. Н. Результаты исследований и перспективы использования вспучивающегося покрытия СГК-2 для защиты от пожаров конструкций и оборудования различного назначения	6	21
Страхов В. Л., Заикин С. В. Математическое моделирование нестационарного прогрева насыщенно-водой огнезащитного экрана на этапе сушки	6	26
ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ОБЪЕКТОВ		
Артемьев Н. С., Подгрушный А. В. Ликвидация аварий при истечении нефти и нефтепродуктов в водоемы	6	43
Боровских М. Т. Особенности обучения по гражданской обороне в строительном высшем учебном заведении	3	41
Боровских М. Т. Самостоятельная расчетно-графическая работа студентов МГСУ по дисциплине "Гражданская оборона"	5	51
Васюков Г. В., Корольченко А. Я., Рубцов В. В. Образование взрывоопасных объемов при аварийном поступлении пропан-бутановых смесей в помещение	6	39
Васюков Г. В., Корольченко А. Я., Рубцов В. В., Богман Л. П. О теории образования локальных взрывоопасных объемов пропан-бутана при его поступлении в помещения с газобаллонными автомобилями	4	23
Васюков Г. В., Корольченко А. Я., Рубцов В. В., Богман Л. П. Пожарная опасность газобаллонных автомобилей	1	33
Васюков Г. В., Корольченко А. Я., Рубцов В. В., Стороженко А. С. Влияние температуры и влажности воздуха на формирование локальных взрывоопасных объемов пропан-бутана при его поступлении в закрытые помещения с газобаллонными автомобилями	5	68
Волынский Н. П. Что способствует успешной и безопасной работе в химической лаборатории? Часть I. Вытяжной шкаф	3	35
Волынский Н. П. Что способствует успешной и безопасной работе в химической лаборатории? Часть II. Хранение ЛВЖ и реактивов, системы вентиляции, безопасные способы перегонки горючих жидкостей	5	56
Горев В. А., Тюрин Н. В. Защита зданий от взрыва с помощью перфорированного экрана	2	33
Зайцев А. М. Графический метод расчета предела огнестойкости ограждающих конструкций по признаку прогрева необогреваемой поверхности до нормативной температуры	1	29
Ми Зуй Тхань. Горючая нагрузка в современных жилых помещениях	4	30
Ми Зуй Тхань, Корольченко А. Я. Моделирование пожаров в жилых зданиях	5	42
Пузач С. В., Базилевич А. Я., Карпенко Д. Г., Смагин А. В. Проблема категорирования помещений при обращении в них перегретых теплоносителей	6	33
Трушкин Д. В., Корольченко А. Я. Рекомендации по проведению испытаний строительных материалов на пожарную опасность	1	19
БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ		
Алексеев Ю. В., Холщевников В. В. О новом направлении исследований движения людских потоков ..	1	56
Брушлинский Н. Н., Подгрушный А. В., Усманов М. Х., Семенов В. П., Кулдашев А. Х., Пультов Д. О. Обеспечение требуемого уровня защиты личного состава, участвующего в ликвидации пожаров аварийных фонтанов, от термического воздействия пламени с помощью теплозащитных устройств	4	55
Защита гражданского населения страны — главная задача МЧС России	1	42

Фамилии авторов и названия статей	Номер журнала	Стр.
Танклевский Л. Т., Юн С. П., Таранцев А. А. О возможности оптимизации движения эвакуирующихся из многоэтажных зданий.....	1	53
Таранцев А. А. О моделировании движения людей “цепочкой”	2	38
Холщевников В. В. Психофизиологические закономерности поведения людей при движении в пешеходных потоках	4	38
Что год грядущий нам готовит? (Прогноз Агентства СНГ по мониторингу и прогнозированию чрезвычайных ситуаций)	1	60
Шильдс Д., Бойс К. Е., Холщевников В. В., Самошин Д. А. Поведение персонала торговых комплексов при пожаре. Часть I. Анализ реальных пожаров и видеозаписей неанонсированных эвакуаций с целью количественного и качественного описания влияния персонала на ход эвакуации.....	1	44
Шильдс Д., Бойс К. Е., Холщевников В. В., Самошин Д. А. Поведение персонала торговых комплексов при пожаре. Часть II. Действия в смоделированной ситуации “пожар в торговом комплексе”.....	3	47
Шильдс Д., Бойс К. Е., Холщевников В. В., Самошин Д. А. Поведение персонала торговых комплексов при пожаре. Часть III. Анализ системы подготовки персонала к действиям при пожаре и рекомендации по ее совершенствованию.....	6	48
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЖАРОВ		
Овсянников М. Ю. Основы аналитического метода расчета развития пожара в здании при работе противодымной вентиляции.....	6	57
Пузач С. В., Базилевич А. Я., Карпенко Д. Г., Копылов А. А. Некоторые особенности термогазодинамики пожара в атриуме.....	2	41
СТАТИСТИКА И АНАЛИЗ ПОЖАРОВ		
Брушлинский Н. Н., Клепко Е. А., Соколов С. В. Риски крупных пожаров: динамика и прогнозирование	4	76
Брушлинский Н. Н., Соколов С. В. Мировая пожарная статистика в начале XXI века	5	78
Галишев М. А., Кононов С. И., Шарапов С. В., Кондратьев С. А. Экспертное изучение экстрактивных компонентов строительных материалов при исследовании пожаров в зданиях и сооружениях	2	54
Галишев М. А., Шарапов С. В., Кононов С. И., Клаптиюк И. В., Кондратьев С. А. Диагностика инициаторов горения, использующихся для поджогов, на основании исследования летучих компонентов горючих жидкостей	3	64
Козлачков В. И. К проблеме оценки деятельности органов Государственного пожарного надзора	2	50
Ми Зуй Тхань. Возникновение и развитие пожаров в жилых помещениях	3	59
Пожарные подвели итоги 2004 г. Более 18 тысяч россиян погибли в прошедшем году в огне	1	62
ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА		
Артамонов В. С., Богданов А. В. Интегрированная система пожарно-охранной безопасности Государственного Эрмитажа	2	61
Буцынская Т. А. Анализ направлений совершенствования пожарной сигнализации на основе патентной информации	3	75
Думилин А. И. Современные автономные установки пожаротушения	6	64
Думилин А. И., Долговидов А. В., Теребнев В. В. Толкование понятий в пожарной автоматике	4	64
Фомин В. И. Современное состояние и перспективы применения аспирационных дымовых пожарных извещателей	1	68
ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА		
Дзнерадзе Э. Э., Жуков Ю. И., Малыгин И. Г., Смольников А. В. Виртуальное динамическое моделирование — современное средство проектирования сложной пожарной техники	2	73
Жуков Ю. И., Смольников А. В. Логистическая поддержка — гарантия высокой надежности и эффективности использования сложной пожарной техники	2	66

ТЕМАТИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Фамилии авторов и названия статей	Номер журнала	Стр.
Ольшанский В. П., Ольшанский С. В. К расчету предельной дальности подачи испаряющихся тонкораспыленных огнетушащих веществ установками импульсного пожаротушения	4	67
Самохвалов Ю. П. Обоснование зон вертикальной и горизонтальной досягаемости пожарными разного роста	5	75
Самохвалов Ю. П., Самохвалов Д. Ю. Антропометрический фактор в создании эргономичной пожарной техники	4	71
ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ		
Абросимов Ю. Г., Подгрушный А. В. Объемы нереализованной воды, используемой на противопожарные нужды в г. Москве	2	83
Андреев А. П., Герасимова И. Н. Пенообразующие составы для тушения, изоляции и дегазации проливов экологически опасных веществ	6	67
Воевода С. С., Макаров С. А., Шароварников А. Ф. Влияние температуры на поверхностное натяжение водных растворов синтетических пленкообразующих пенообразователей для тушения пожаров	2	80
Воевода С. С., Макаров С. А., Шароварников А. Ф. Тушение пожаров твердых дисперсных материалов путем их пропитки водой со смачивателем	3	78
Давыдова И. П., Панов М. Я., Щербаков В. И. Моделирование потокораспределения в области оперативного управления системами водоснабжения в режиме пожаротушения. Часть I. Теоретическая модель	3	81
Еланский Е. А., Дьяков В. А., Крашенинников Е. Г. Методы пожаротушения. Газовые огнетушащие вещества	2	87
Еланский Е. А., Поляков Г. А. Азотные установки и станции для флегматизации: развитие и опыт использования	3	85
Логачев Е. Н. Безопасность пожарных подразделений с использованием специальных средств защиты при тушении пожаров на открытых пространствах	1	72
ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ, КАДРЫ		
Ишунькин А. И. Дистанционные технологии обучения в системе подготовки и переподготовки специалистов в области пожарной безопасности и охраны труда	3	72
Козлаков В. И. Административное приостановление эксплуатации объектов	4	84
Собурь С. В., Собурь О. С. Об опыте противопожарного нормирования на примере Декрета о пожарной безопасности Италии	6	71
ПРЕДСТАВЛЯЕМ КОМПАНИИ		
Серебренников С. Ю., Рязанцев В. А., Прохоренко К. В. Противопожарная защита складских помещений с большим объемом и высотой складирования горючих материалов модулями порошкового пожаротушения “ОПАН-100”	3	17
ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ. СПРАВОЧНИК		№№ 1–6

A B S T R A C T S

Inflammation of Condensed Substance by Particle in Non-Ideal Thermal Contact Conditions

Kusnetsov G. V., Taratushkina G. V.

The results of numerical modeling of ignition process of condensed substance by high heated particle in conditions of non-ideal thermal contact are presented. The time of inflammation delay increase by increasing of unevenness between particle and condensed substance.

Results of Investigations and Perspectives of SGK-2 Expanding Covering Application for Constructions and Different Kind of Equipment Fire Protection

Nazarenko V. A., Garashenko A. N.

The results of investigations of exploitative and fire-protective characteristics complex of SGK-2 expanding covering are purposed. The examples of SGK-2 application on industrial, transport and military objects are given. The combination of environment influences resistance and fire protective efficiency guarantee the good perspectives of further covering application.

Mathematical Modeling of Non-Stationary Heating of Water Saturated Fire-Protective Screen on the Stage of Drying

Strakhov V. L., Zaikin S. V.

The method of mathematical modeling of non-stationary heating and drying process of water saturated foamed (fibered) screen as a part of fire-protective cover construction for fire hazardous technological equipment is considered. One of the fire-protective cover variants was applied for shutoff and fountain armature of acting oil wells. Approximate analytical solution of screen drying problem is presented.

Problem of Premises Categorization by Circulation of Overheated Thermofors There

Puzach S. V., Bazilevich A. Ya., Karpenko D. G., Smagin A. V.

The problem of premises categorization by circulation of overheated thermofors is examined. The authors suggested the mathematic model of heat-mass exchange calculation during flowage of thermofore into premises. The example of model using for determination of thermo-gas-dynamics parameters during flowage of difenile mixture into premises is given.

Formation of High Explosive Volumes During Emergency Entry of Propane-Butane Mixtures Into the Premises

Vasyukov G. V., Korolchenko A. Ya., Rubtsov V. V.

The character of propane-butane concentrations distribution in the premises with volume of 44 mI by up and down vertical direction of gas flow is analyzed. The equations which describe propane-butane concentrations distribution for these conditions are presented.

Methodic of Calculation of Fire Protected Steel Constructions Heating in Conditions of Extreme Temperature Influence of Fire

Zaytsev A. M.

Analytical solution of fire protected steel constructions heating problem subjected to the extreme temperature growth and heat exchange of virtual fires is examined. On the basis of analytical solution calculating nomogram is constructed and calculation methodic is presented.

ABSTRACTS

Liquidation of Accidents of Oil and Oil Products Flowing Into Basins

Artemyev N. S., Podgrushniy A. V.

The flowing of oil and oil products in case of accidents on oil bases, oil pipelines, shore and offshore oil platforms are analyzed with the purpose of the accident and fire prophylactic. Methods of fire, oil and oil products flowing protection are examined.

Basis of Analytical Calculation Method of Fire Development at Building While Working of Smoke Ventilation

Ovsyannikov M. Yu.

The regime of fire development characterized by penetration of outside air into the room with fire hearth through the adjustment room is examined. The results of experimental investigations are presented. Analytical decisions of fire equations determining the necessary time for evacuation are presented.

Behavior of the Supermarket Personnel at Fire.

Part III. The Analysis of Training System of Personnel Actions at Fire and System Improvement Recommendations

Shields J. T., Boys K. E., Kholshevnikov V. V., Samoshin D. A.

The personnel training system of "Marks & Spenser" (Great Britain) and a number of native trade companies is analyzed. On the basis of analysis of training system and personnel behavior in "fire at the supermarket" modeling situation the adequacy of system is determined and improvement recommendations are purposed. The principles of supermarket personnel behavior at fire are examined.

On the Experience of Fire Safety Standardization on the Decree of Republic of Italy Example

Sobur S. V., Sobur O. S.

The standards of Russian Federation include many norms and rules in different directions of fire safety and it is very difficult to put them into practice. The authors of this article give an account of logical model of fire safety standard document construction on the basis of Decree of Republic of Italy.

Modern Private Fire-Suppression Systems

Dumilin A. I.

The peculiarities of structure and application of private fire-suppression systems are examined. Use of detection and starting devices react to heat changes of fire in such systems is noted. Application of private fire-suppression systems on any object regulate by standards.

Foam Compounds for Extinguishing, Isolation and Degassing of Ecologically Hazardous Substances

Andreyev A. P., Gerasimova I. N.

The possibilities of application of various classes of foam compound surfactants for extinguishing, isolation and chemical decontamination of ecologically hazardous liquids are investigated. Recommendations presented here can be applied for compounding development.

МУДРОСТЬ НАУКИ, ПРЕМУДРОСТИ БИЗНЕСА

109052, Москва, Смирновская ул., 1-А
Тел./факс: (095) 918-03-11, 918-03-60, 918-18-90

E-mail: fire-sci@mail.ru,
firescience@pisem.net



Издательство "Пожнаука" уже более 10-ти лет успешно работает в области информационного обеспечения. На страницах выпускаемой нами справочной, нормативной и научно-практической литературы публикуется информация для специалистов и руководителей:

- научных, проектных, монтажных и строительных предприятий;
- предприятий, выпускающих продукцию пожарно-технического назначения, а также оказывающих услуги и выполняющих работы в области пожарной безопасности;
- организаций-заказчиков пожарно-технической продукции и огнезащитных материалов;
- органов управления и подразделений Государственной противопожарной службы МЧС России.

"Пожнаука" издает также справочную и учебную литературу по пожарной безопасности, ориентированную на более широкий круг читателей. Это справочники серии "Библиотека начинающего предпринимателя", "Курс пожарно-технического минимума", "Библиотека нормативно-технического работника" и т.д.

С 1992 года выходит журнал "Пожаровзрывобезопасность", периодичность – 6 номеров в год. На страницах журнала рассматриваются теоретические вопросы и способы практического обеспечения пожарной безопасности различных объектов.

Постоянные рубрики:

- процессы горения;
- пожаровзрывоопасность веществ и материалов;
- огнезащита;
- моделирование пожаров;
- пожаровзрывобезопасность технологических процессов;
- пожарная безопасность зданий, сооружений и объектов;
- пожарная техника;
- тушение пожаров;
- статистика и анализ пожаров и др.

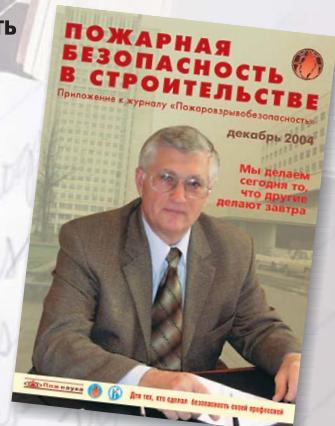
Новые рубрики:

- технические средства и системы охранной и охранно-пожарной сигнализации;
- системы и средства контроля и управления доступом;
- инженерные средства защиты;
- средства специальной техники;
- интегрированные системы охраны и комплексные системы безопасности;
- средства индивидуальной защиты, обмундирование, амуниция;
- ведение и средства аварийно-спасательных работ;
- оргтехника для офисов и помещений служб безопасности.

В рамках проекта

«Пожарная безопасность в строительстве»

выпускается приложение к журналу, посвященное современным огнестойким и огнезащитным материалам и конструкциям, новым разработкам и технологическим решениям, проблемам сертификации, стандартизации и др.



По решению ВАК Минобразования РФ журнал включен в перечень научно-технических изданий, публикации в которых признаются при защите кандидатских и докторских диссертаций.

На страницах книг и журнала Вы можете разместить цветную или черно-белую рекламу вашего предприятия и выпускаемой продукции.

ISSN 0869-7493

