

ПОЖАРОВЗРЫВО БЕЗОПАСНОСТЬ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ 1'2008

Влияние закономерностей
передвижения городского населения
на пропускную способность

Автоматические средства подачи
огнетушащих порошков

Влияние пигментов
на пожароопасность
поливинилхлоридного покрытия
обивочной искусственной кожи



Оптоэлектронные приборы
для обнаружения и регистрации
электромагнитного излучения
от очагов пожара

Дымообразование при горении
огнезащищенной древесины

Современные аспекты
проектирования спринклерных
установок пожаротушения



ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ

ТОМ 17 ♦ №1 ♦ 2008

FIRE & EXPLOSION SAFETY

Научно-технический журнал
ООО "Издательство "Пожнаука"

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

СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ, КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ	3
ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ	
Новикова И. В., Райкова В. М., Акинин Н. И. Адиабатическая температура горения и теплота сгорания аэродисперсных систем, содержащих жидкое горючее и металл	6
Горев В. А. Оценка скорости горения однородной газовой смеси при определяющем влиянии неустойчивости пламени	12
ОГНЕЗАЩИТА	
Беспалов П. М., Гайдарова Л. Л., Андрианова Г. П., Топоров Ю. П. Сравнительная оценка различных видов гидроксида алюминия как антипирена в поливинилхлоридном покрытии искусственной кожи	17
Корольченко О. Н. Дымообразование при горении огнезащищенной древесины	20
Трифорова О. Н. Химическая модификация древесины с целью снижения ее горючести	23
Воронцова О. Е., Гайдарова Л. Л., Андрианова Г. П., Фомина О. А. Влияние пигментов на пожароопасность поливинилхлоридного покрытия обивочной искусственной кожи	26
Трушкин Д. В., Корольченко О. Н., Бельцова Т. Г. Горючесть древесины, обработанной огнезащитными составами	29
БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ	
Холщевников В. В. Влияние закономерностей передвижения городского населения на пропускную способность пунктов доступа многофункциональных высотных зданий-комплексов	34
ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ, КАДРЫ	
Орлова О. Н., Кафидов В. В. Закономерности, участвующие в управлении карьерой руководителя пожарной охраны	44

(продолжение на следующей странице)

ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

Горбунов Н. И., Дийков Л. К., Медведев Ф. К. Оптоэлектронные приборы для обнаружения и регистрации электромагнитного излучения от очагов пожара и взрыва **47**

Неплохов И. Однокомпонентные дымовые линейные пожарные извещатели **56**

ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ

Долговидов А. В., Сабинин О. Ю. Автоматические средства подачи огнетушащих порошков **62**

Мешалкин Е. А., Шевченко П. М. Состояние и перспективы разработок изделий для тушения пожаров тонкораспыленной водой **68**

Пахомов В. П., Былинкин В. А. Современные аспекты проектирования спринклерных установок пожаротушения **76**

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ. СПРАВОЧНИК **81**

*Журнал включен в "Реферативный журнал" и Базы данных ВИНТИ.
Сведения о журнале ежегодно публикуются в Международной справочной системе
по периодическим и продолжающимся изданиям "Ulrich's Periodicals Directory".*

Перепечатка материалов только по согласованию с редакцией.

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

КОНФЕРЕНЦИЯ

“Светопрозрачные конструкции и фасадные системы — проблемы проектирования, монтажа и эксплуатации. Отечественный и зарубежный опыт”

6 февраля 2008 года в г. Новосибирске состоялась научно-практическая конференция “Светопрозрачные конструкции и фасадные системы — проблемы проектирования, монтажа и эксплуатации. Отечественный и зарубежный опыт”.

На конференции была проведена оценка состояния и перспектив развития оконного рынка и рынка фасадных систем России, рассмотрены традиционные ошибки проектирования и монтажа окон и фасадных систем, вопросы проведения и оценки результатов тепловых расчетов и испытаний оконных блоков, требования к ограждающим конструкциям с навесными вентилируемыми фасадными системами, в том числе к теплоизоляции.

Заведующий лабораторией теплофизики и долговечности строительных материалов НИИСФ (г. Москва) В. Г. Гагарин рассказал о проведенных натурных аэродинамических исследованиях в области высотного строительства. Согласно их итогам в зависимости от места застройки, розы ветров и высоты значение аэродинамического коэффициента может достигать -4 в отличие от указанного в нормативных документах значения -2 .

Как прокомментировал инженер по развитию продукции компании “ROCKWOOL Russia” А. В. Воронин, учитывая ветровые нагрузки и аэродинамические коэффициенты, можно говорить о том, что пассивное давление ветра на фасад, в особенности на больших высотах, достигает 3 кПа. При отсутствии дождевого экрана (облицовки) этому воздействию подвергается утеплитель, что приводит к потере его формы и стабильных размеров и, как следствие,

замене теплоизоляции. Несмотря на отсутствие серьезных эксплуатационных нагрузок, такой показатель как прочность на отрыв слоев является очень важным на этапе монтажа теплоизоляционной фасадной системы. Для предотвращения создания неравномерного теплового контура теплоизоляция, используемая в конструкции навесной фасадной системы, должна обладать показателями прочности на отрыв слоев не менее 3 кПа. Это характерно для качественных теплоизоляционных материалов из каменной ваты, например таких, как плиты двойной плотности ROCKWOOL ВЕНТИ БАТТС Д.

В конференции “Светопрозрачные конструкции и фасадные системы — проблемы проектирования, монтажа и эксплуатации. Отечественный и зарубежный опыт” приняли участие представители Ассоциации АНФАС, ОГУ “Государственная вневедомственная экспертиза Новосибирской области”, лаборатории теплофизики института КраспромстройНИИ-проект, Инспекции ГСН Администрации Новосибирской области, испытательного центра “Стройтест-СибАДИ”, НИУПЦ “Межрегиональный институт окна”, ROCKWOOL Russia, “Профайн РУС”, “ДИАТ-2000”, “Краспан” и других организаций.

/Пресс-релиз компании “ROCKWOOL Russia”/

Мосгордума узаконила частных пожарных и спасателей

Мосгордума приняла в январе 2008 г. три документа, посвященных проблеме безопасности в городе. Первое чтение прошел проект закона “О пожарной безопасности в Москве”, второе чтение — проект закона “Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей города Москвы”, а также приняты поправки к закону “О московской городской народной дружине”. Как пишет “Газета” во всех этих правовых актах есть общая установка на расширение участия негосударственных структур в обеспечении городской безопасности.

По словам главного пожарного инспектора г. Москвы Виктора Климкина, 49 столичных районов с общим населением более 2,5 млн человек находятся за нормативным радиусом обслуживания пожарной охраны. Для исправления этой ситуации, нужно построить 64 пожарных депо, однако произойдет это не скоро, к 2020 году.

Новый закон “О пожарной безопасности” вводит норму, по которой каждая новостройка должна быть оборудована подъездом для спецтехники и площадкой для ее стоянки.

Теперь часть работы могут взять на себя частные пожарные организации: в законопроекте впер-



вые для Москвы обозначен их статус. А в проекте закона об аварийно-спасательных службах вводится понятие “резервист”, которого пока не существует в федеральном законодательстве. Чтобы стать резервистом, нужно пройти спецкурс, сдать зачет по физподготовке и получить аттестацию. Такие резервисты могут на добровольной основе привлекаться к аварийно-спасательным операциям и получать за это компенсацию из городского бюджета.

Предполагается, что в столице будет несколько тысяч спасателей-резервистов. Собственные нештатные спасательные отряды могут формировать предприятия, а общественные спасательные объединения будут иметь возможность создавать профессиональные службы.

Скорее всего вырастет в городе и штат народной дружины. Согласно принятым Мосгордумой поправкам к закону, увеличивается ресурсная база для такого расширения. По действовавшим нормам дружинником мог стать только гражданин РФ, достигший 18-летнего возраста, имеющий регистрацию по месту жительства в г. Москве. Из этого правила сделано исключение для тех, кто имеет постоянное место работы (учебы) в организациях (образовательных учреждениях) столицы.

/“Газета”/

Избран лучший пожарный инспектор России

Лучшим инспектором Государственного пожарного надзора МЧС России по итогам 2007 г. признан старший инженер нормативно-технического отдела ГПН г. Новый Уренгой (ЯНАО), капитан внутренней службы *Виталий Павленко*. Он начал службу в органах ГПН в 1997 г., в отделе ГПН г. Нового Уренгоя он служит с 2000 г. Как отмечает пресс-служба МЧС, в 2006 г. в региональном конкурсе на звание лучшего инспектора пожарного надзора В. Павленко



занял первое место, а в 2007 г. добился еще больших успехов. К основным служебным обязанностям В. Павленко относятся проверки объектов инфраструктуры жилых поселков и газовых промыслов, а также тушение пожаров по повышенному рангу.

/Интерфакс/

Пожнадзор в метро

Власти г. Москвы выделили 16,1 млрд рублей на оснащение Московского метрополитена системой раннего обнаружения пожара. Об этом сообщают в городской администрации. Этой системой оборудуют сооружения, технические и бытовые помещения станций столичного метро. Новой системой противопожарной безопасности и автоматической пожарной сигнализацией также планируется оснастить эскалаторы метро. 9,1 млрд рублей пойдет на строительно-монтажные работы, 3,8 — на поставку оборудования, остальные средства — на установку новой системы.

/Интерфакс/

Причины пожара на рынке “Каширский двор” пока не установлены

Эксперты МЧС устанавливают причины пожара, вспыхнувшего 31 января 2008 г. вечером на территории строительного рынка “Каширский двор” на юге г. Москвы. Сейчас прорабатывается версия короткого замыкания, также не исключается поджог. Пожару был присвоен второй номер сложности по пятибальной шкале. 13 пожарных расчетов работали более 7 часов. Пожар начался в двухуровневом павильоне, где торговали товарами для ремонта, по большей части — легковоспламеняющимися. Пожар был локализован в 22:20. Во время работ по



ликвидации возгорания в помещениях строительного рынка произошло несколько взрывов газовых баллонов, из-за чего пожарные и спасатели в целях безопасности заливали огонь из-за укрытий. Площадь пожара составила 400 м², хотя ранее было заявлено, что пожаром было затронуто 500 м².

/БН.ру/

Пожарных на всех не хватает!

100 тыс. населенных пунктов и 37 млн человек в России находятся вне пределов действия пожарной охраны. Об этом заявил заместитель министра по ЧС РФ Александр Чуприян на совещании по подведению итогов работы ЮРЦ МЧС, которое завершилось в г. Ростове. «Каждый четырнадцатый из этих 37 млн проживает на территории ЮФО», — подчеркнул А. Чуприян. По его словам, число чрезвычайных ситуаций в ЮФО за год снизилось на 19%, количество погибших во время ЧС — на 27%. При этом пожарными ЮФО спасено 7599 человек и материальных ценностей на сумму более чем в 2,8 млрд рублей. Удалось также снизить число погибших на воде и количество ЧС на водных объектах.

/www.161.ru/

В Евросоюзе усилят пожарную безопасность сигарет

В Евросоюзе через 2–3 года будут допущены к продаже только сигареты, оборудованные техноло-

гией «самозатухания». Таким образом авторы нововведения надеются сократить число жертв от пожаров, вызванных неосторожным обращением с сигаретами людьми, страдающими табачной зависимостью.

В Брюсселе на заседании Совета ЕС на уровне послов было единогласно одобрено предложение Еврокомиссии об ужесточении требований к пожарной безопасности сигарет. После принятия соответствующего законодательства в ЕС будут допущены к продаже только такие сигареты, сообщает агентство AFP.

По примеру США, Австралии и Канады, табачные компании в Европе обязаны будут оборачивать сигареты в три слоя специальной утолщенной бумаги, которая затрудняет горение табака. Если в течение нескольких минут страдающий табачной зависимостью человек не делает затяжки, то сигарета тухнет.

По данным Еврокомиссии, непотушенные сигареты являются одной из самых частных причин бытовых и лесных пожаров. В 14 странах ЕС, располагающих такой статистикой, ежегодно жертвами «сигаретных» пожаров становятся 520 человек, в первую очередь — люди пожилого возраста.

Как сообщила еврокомиссар по защите прав потребителей Маглена Кунева, на подготовку законопроекта и его одобрение Европейским и национальными парламентами уйдет порядка 2–3 лет. Этого времени будет вполне достаточно, чтобы табачные компании внесли необходимые дополнения в технологию производства.

/Deutsche Welle/



Ассистент кафедры “Надежность и безопасность технологических процессов” РХТУ им. Д. И. Менделеева
И. В. Новикова



Канд. техн. наук, доцент кафедры “Надежность и безопасность технологических процессов” РХТУ им. Д. И. Менделеева
В. М. Райкова



Д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой “Надежность и безопасность технологических процессов” РХТУ им. Д. И. Менделеева
Н. И. Акинин

УДК 614.841.4

АДИАБАТИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРА ГОРЕНИЯ И ТЕПЛОТА СГОРАНИЯ АЭРОДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ, СОДЕРЖАЩИХ ЖИДКОЕ ГОРЮЧЕЕ И МЕТАЛЛ

Главной целью настоящей работы является оценка энергетических характеристик аэродисперсных систем легко воспламеняющаяся жидкость – металл. С применением компьютерных программ проведен термодинамический расчет адиабатической температуры горения и теплоты сгорания при атмосферном давлении для систем, содержащих различные горючие: октан, нитраты алифатических спиртов, нитрометан, нитробензол, алюминий и магний и их смеси. Изучено влияние состава горючего и коэффициента избытка окислителя его смесей с воздухом на температуру горения и теплоту сгорания систем горючее – воздух.

Исследование горения и детонации систем горючее – воздух является важным этапом разработки условий безопасности при производстве, транспортировке и хранении горючих материалов в различных отраслях промышленности. В литературе описан целый ряд инцидентов, связанных со смесями горючих паров и пылей с воздухом. В большинстве случаев это приводило к пожарам, взрывам и значительным разрушениям.

Жидкие и твердые аэрозоли занимают особое место среди горючих систем. Механизмы распространения горения в аэрозолях и газовых средах существенно различаются [1]. Иницирование аэродисперсных систем источником воспламенения может привести к возникновению локального очага горения. Горение вначале распространяется медленно, но протекает с ускорением, в результате чего возникает турбулентный процесс. Скорость дефлаграции зависит от теплопроводности и скорости реакции и может достигать порядка 10^2 м/с. Температура продуктов горения обычно меняется в пределах 2000–3000 К, а давление в замкнутом объеме составляет ~0,6–0,9 МПа. Для многих углеводородов определены кинетические параметры реакции и измерена задержка воспламенения, которая характеризует ширину зоны реакции [2–4]. С использованием этих параметров можно спрогнозировать иницирование дефлаграции. Некоторые добавки

(промоторы) уменьшают энергию активации реакции смесей горючего с воздухом и могут снижать задержку воспламенения. В качестве промоторов применяются нитраты спиртов [3–5].

По сравнению с углеводородными горючими порошки металлов имеют ряд особенностей, затрудняющих их воспламенение и горение в воздухе: 1) аэрозоли металлов имеют высокую температуру самовоспламенения (больше 1000 К); 2) капли металлов имеют большую вязкость и плохо испаряются; 3) продукты горения металлов содержат много конденсированной фазы. Область воспламенения аэрозвесей на основе высококалорийных металлов (алюминий, магний) шире, чем углеводородных горючих. Нижний концентрационный предел (НКП) зависит от дисперсности порошка и условий его воспламенения. Так, для различных марок порошка алюминия НКП меняется от 40 до 120 г/м^3 [6, 7]. Значения верхнего концентрационного предела (ВКП) для металлов не определены, но экспериментально установлено [8, 9], что металлические порошки обладают уникальной способностью — гореть при очень малом содержании воздуха. Температура самовоспламенения аэрогелей изменяется в широком диапазоне и зависит от дисперсности порошка, степени окисленности и химического состава.

Важнейшей характеристикой реального процесса горения, ответственного за пожароопасность, является, в конечном счете, потенциальный запас энергии, которая может выделиться при сгорании горючей смеси. С другой стороны, знание энергетических характеристик необходимо для определения области оптимальных составов топливно-воздушных смесей.

Детальный обзор экспериментальных данных по воспламенению и распространению дефлаграции и детонации в аэродисперсных системах, содержащих жидкое топливо и металл, представлен в статье [10]. Целью настоящей работы было получение количественной информации по энергетическим параметрам горения аэродисперсных систем, содержащих различные органические горючие, алюминий и магний.

В качестве органических горючих изучались углеводороды (октан), нитраты алифатических спиртов, нитросоединения. Брутто-формула, энтальпия образования ΔH_f^0 [11], коэффициент избытка окислителя горючего α_f , температура вспышки в закрытом тигле T_g [5, 12, 13] и концентрационные пределы распространения пламени [5, 12, 13] для этих веществ представлены в табл. 1.

Все горючие жидкости, кроме нитробензола, относятся к легко воспламеняющимся (ЛВЖ). Наименьшее значение T_g из рассматриваемых веществ имеет изопропилнитрат. Следует отметить, что он, так же как и нитрометан, относится к жидким взрывчатым веществам, хотя достаточно широко применяется в промышленности.

Обычно теплотворную способность топлива (1 кг) Q_{cz} оценивают по экспериментальным значениям энтальпии сгорания горючих ΔH_{st}^0 [12] или рассчитывают по уравнению:

$$Q_{cz} = - \frac{\sum_{i=1}^n \Delta H_{fi}^0 \lambda_i - \Delta H_f^0}{M}, \quad (1)$$

где ΔH_{fi}^0 — энтальпии образования оксидов (CO_2 , H_2O , Al_2O_3 , MgO), кДж/моль;
 λ_i — число молей оксида в продуктах реакции;

ΔH_f^0 — энтальпия образования горючего, кДж/моль;

M — молярная масса горючего, кг.

Следует иметь в виду, что экспериментальное определение теплоты сгорания проводят в калориметрической бомбе, где вещество сгорает при постоянном объеме. В реальных условиях горение вещества часто происходит при постоянном давлении, и теплота сгорания зависит от давления и коэффициента избытка окислителя α смеси горючего с воздухом. В данной работе были рассчитаны состав продуктов и адиабатическая температура горения T_p при давлении $P = 1$ ат в области воспламенения смесей горючих с воздухом: между значениями НКП и ВКП, включая стехиометрический состав смеси ($\alpha = 1$). Расчеты выполнялись с применением компьютерных программ REAL [14] и HAZ [15]. Аналогичные расчеты проводились ранее для пылевоздушных смесей, содержащих органические горючие типа $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c\text{N}_d$ [16].

Теплоту сгорания (низшую) 1 кг горючего при $P = 1$ ат рассчитывали с помощью уравнения:

$$Q_p = - \frac{\sum_{i=1}^n \Delta H_{fi}^0 \nu_i - \mu_f \Delta H_f^0}{\mu_f}, \quad (2)$$

где ΔH_{fi}^0 — энтальпия образования i -го продукта горения, кДж/моль;

ν_i — содержание i -го продукта в смеси, моль/кг;

μ_f — массовая доля горючего в смеси с воздухом.

Зависимости температуры горения систем органическое горючее – воздух от коэффициента избытка окислителя смеси обычно имеют вид кривых с максимумом. Максимальная температура примерно соответствует составу стехиометрической смеси ($\alpha = 1$). Для нитратов алифатических спиртов (C_3 – C_5) зависимость $T_p(\alpha)$ можно описать общей кривой (рис. 1).

Температура горения стехиометрических смесей нитратов спиртов и нитросоединений с воздухом меняется в пределах 2360–2550 К, а для октана она ниже, чем для СННО-горючих (рис. 2).

Таблица 1. Характеристики органических горючих

Горючее	Брутто-формула	ΔH_f^0 , кДж/моль	α_f	T_g , °С	НКП – ВКП, об. %
Октан (ОК)	C_8H_{18}	–249,9	0	14	0,9–6,2
Изопропилнитрат (ИПН)	$\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_3\text{N}$	–229,8	0,32	8	1,9–100,0
Пропилнитрат (ПН)	$\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_3\text{N}$	–214,5	0,32	20	2,0–100,0
Бутилнитрат (БН)	$\text{C}_4\text{H}_9\text{O}_3\text{N}$	–246,6	0,24	36	–
Амилнитрат (АН)	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_3\text{N}$	–276,6	0,19	52	–
Нитрометан (НМ)	$\text{CH}_3\text{O}_2\text{N}$	–113,1	0,57	35	7,3–63,0
Нитробензол (НБ)	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	15,9	0,14	88	1,8–40,0

Температура горения на нижнем пределе $T_{P, \text{НКП}}$ определяет величину скорости распространения пламени и, следовательно, близость состава смеси к критическому. Опыт показывает, что $T_{P, \text{НКП}}$ является единым критерием взрывоопасности для всех бедных смесей горючих с воздухом [17]. Величина $T_{P, \text{НКП}}$ примерно постоянна для всех веществ состава $C_aH_bO_cN_d$ и составляет ~ 1550 К [17, 18]. Расчетные значения $T_{P, \text{НКП}}$ для октана (1587 К) и нитрометана (1547 К) близки к данной величине, для нитратов спиртов — на 250–300 К ниже ее. Это указывает на высокую реакционную способность нитратов спиртов, облегчающую воспламенение их смесей с воздухом. Наибольшее значение $T_{P, \text{НКП}} = 1771$ К получено для нитробензола, который, как уже отмечалось, в отличие от других изученных органических жидкостей не относится к ЛВЖ.

Температура горения магния и алюминия в воздухе значительно выше, чем органических горючих. Такое различие сохраняется во всем диапазоне изменения α , как это показано на рис. 3 для смесей Mg и ИПН с воздухом.

Для стехиометрических смесей разница в температурах горения металлов и органических жидкостей достигает 600–700 К для Mg и 1000–1200 К для Al (см. рис. 2). Расчет $T_{P, \text{НКП}}$ аэрозолей алюминия и магния проводили при содержании металла 40 и 20 г/м³ [12] соответственно. Температура горения аэрозолей Al и Mg на нижнем пределе значительно ниже, чем жидких аэрозолей. Это связано, в первую очередь, с различным составом продуктов горения: в случае металлов вместо CO_2 и H_2O образуются оксиды металлов.

На нижнем пределе горения CHNO-горючих в воздухе в продуктах горения присутствуют только CO_2 , H_2O , N_2 и O_2 [15–18]. Поэтому теплота сгорания таких горючих совпадает с Q_{c2} , рассчитанной по уравнению (1):

$$Q_{P, \text{НКП}} = Q_{c2}.$$

Адиабатическая температура горения стехиометрических смесей органических горючих с воздухом выше 2000 К. При этой температуре продукты горения CO_2 , H_2O , N_2 частично диссоциируют, образуя CO , O_2 , NO , H_2 , H , O , OH , и расчетное значение $Q_{P, \alpha=1}$ меньше, чем Q_{c2} . Сравнение значений $Q_{P, \text{НКП}}$ и $Q_{P, \alpha=1}$ для смесей изученных веществ с воздухом показано на рис. 4. Значения $Q_{P, \alpha=1}$ для органических горючих в среднем на 10% меньше, чем $Q_{P, \text{НКП}}$. Наибольшие значения теплоты сгорания получены для октана, а наименьшие — для нитрометана.

Известно [19], что углеводородные горючие имеют очень высокую теплотворную способность по сравнению с другими веществами. Всего лишь

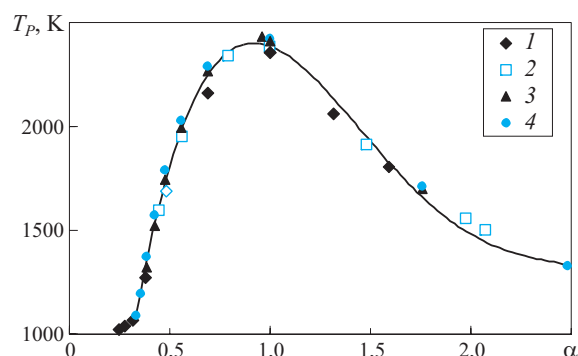


Рис. 1. Зависимость адиабатической температуры горения нитратов алифатических спиртов в воздухе от коэффициента избытка окислителя смеси: 1 — амилнитрат; 2 — бутилнитрат; 3 — изопропилнитрат; 4 — пропилнитрат

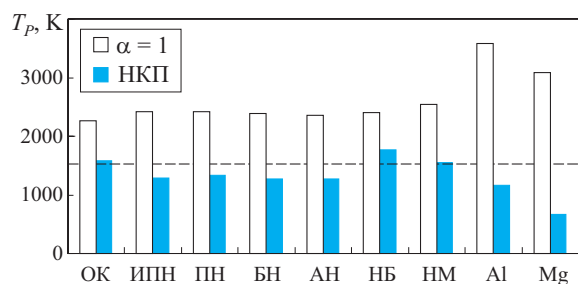


Рис. 2. Сравнение адиабатической температуры горения смесей различных горючих с воздухом при $\alpha = 1$ и на нижнем пределе воспламенения; пунктирная линия соответствует $T_p = 1550$ К

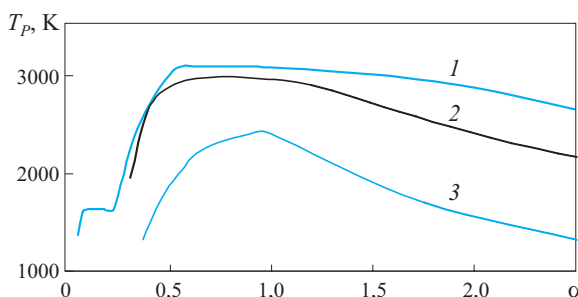


Рис. 3. Зависимость адиабатической температуры горения аэрозольных смесей магния и ИПН от коэффициента избытка окислителя смеси: 1 — Mg; 2 — Mg-ИПН (73–27, мас. %); 3 — ИПН

несколько элементов и их соединений имеют более высокую теплоту сгорания, чем углеводороды. К ним относятся водород, бор, бериллий, литий и их соединения. Теплота сгорания алюминия и магния ниже, чем углеводородов. Зависимости теплоты горения при $P = 1$ ат от содержания порошка Al и Mg в воздухе показаны на рис. 5.

При небольшом содержании металла (от НКП до ~ 200 г/м³) теплота горения практически посто-

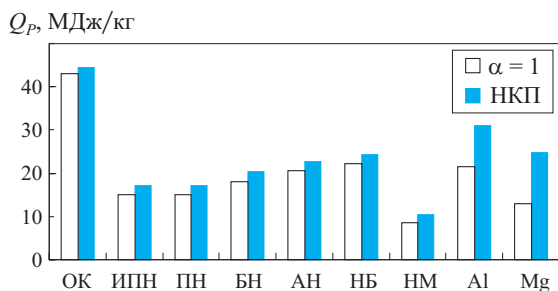


Рис. 4. Сравнение теплоты сгорания смесей различных горючих с воздухом при $\alpha = 1$ и на нижнем пределе воспламенения

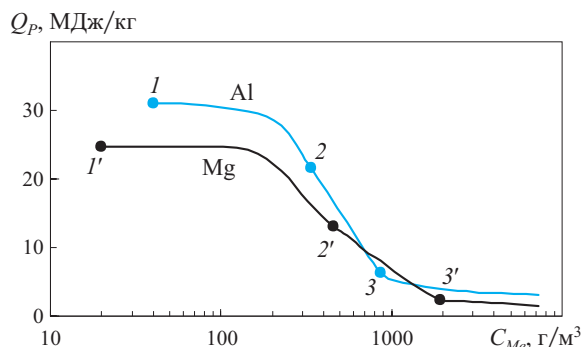


Рис. 5. Зависимость теплоты сгорания алюминия и магния в воздухе от содержания металла в смеси: 1, 1' — НКП; 2, 2' — $\alpha = 1$; 3, 3' — начало образования нитридов

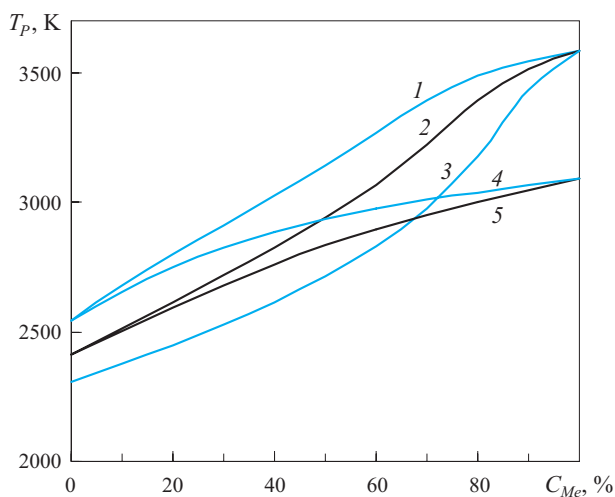


Рис. 6. Зависимость адиабатической температуры горения аэрозолей стехиометрического состава от содержания металла (мас. %) в горючем: 1 — Al-НМ; 2 — Al-ИПН; 3 — Al-ИПН/ОК (50/50); 4 — Mg-НМ; 5 — Mg-ИПН

янна, а при содержании металла более 200 г/м^3 Q_p уменьшается, и для стехиометрических смесей металлов с воздухом наблюдается значительное различие, порядка 10 МДж/кг , между $Q_{p, \alpha=1}$ и Q_{ce} . Результаты расчета [19, 20] показали, что при $\alpha = 1$ в

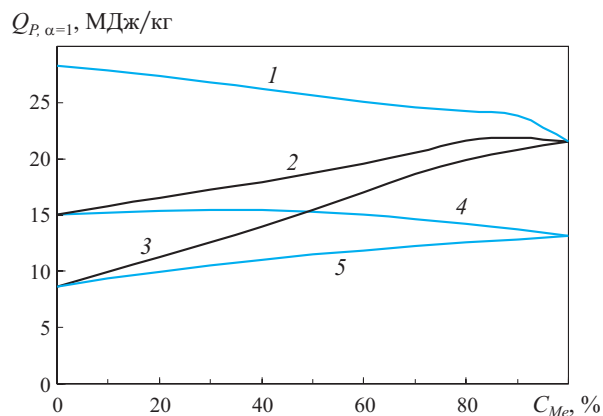


Рис. 7. Зависимость теплоты сгорания стехиометрических смесей горючих веществ с воздухом от содержания металла (мас. %) в горючем: 1 — Al-ИПН/ОК (50/50); 2 — Al-ИПН; 3 — Al-НМ; 4 — Mg-ИПН; 5 — Mg-НМ

продуктах горения алюминия в воздухе кроме твердого Al_2O_3 образуются также газообразные Al_2O и Al . В продуктах горения магния MgO присутствует как в конденсированной, так и в газообразной форме, также образуется газообразный Mg . Теплота сгорания аэрозолей Al стехиометрического состава не намного выше, чем смесей на основе нитратов спиртов, а для аэрозолей магния она даже ниже (см. рис. 4).

Добавление ЛВЖ является хорошо известным способом интенсификации воспламенения и горения углеводородов и металлических порошков [4]. В настоящей работе было изучено влияние состава многокомпонентных горючих системы ЛВЖ – металл на температуру горения и теплоту сгорания стехиометрических смесей с воздухом. Температура горения аэродисперсных смесей растет с увеличением содержания металла в горючем (рис. 6), причем Al повышает ее в большей степени, чем Mg. Смесии металлов с НМ имеют более высокую температуру горения по сравнению со смесями, содержащими ИПН. Добавление октана к ИПН снижает температуру горения.

На теплоту горения стехиометрических смесей $Q_{p, \alpha=1}$ состав горючего влияет по иному (рис. 7), чем на температуру горения.

Наибольшая теплота получена для смеси октана с ИПН, а добавление Al к такому горючему снижает $Q_{p, \alpha=1}$. НМ является менее выгодным горючим по сравнению с ИПН. Для смеси ИПН–Mg максимальное значение теплоты получено при 30%-ном содержании Mg.

Таким образом, на основании проведенных термодинамических расчетов установлены основные закономерности влияния химического состава горючего и коэффициента избытка окислителя смеси на адиабатическую температуру горения и теплоту

сгорания аэрозолей при атмосферном давлении. Показано, что температура горения стехиометрических смесей ЛВЖ с воздухом увеличивается в ряду октан – нитраты спиртов – нитрометан и возрастает при добавлении алюминия и магния. С другой стороны, теплота сгорания аэродисперсных систем ЛВЖ – металл может как возрастать, так и уменьшаться при увеличении содержания алюминия и магния в многокомпонентном горючем.

Список условных обозначений

ВКП — верхний концентрационный предел распространения пламени, об. %;
 НКП — нижний концентрационный предел распространения пламени, об. %;
 ΔH_f^0 — энтальпия образования горючего, кДж/моль (кДж/кг);
 ΔH_{fi}^0 — энтальпия образования i -го продукта горения, кДж/моль;
 M — молярная масса горючего, кг;

$Q_{сг}$ — теплотворная способность топлива (1 кг), кДж/кг;
 Q_p — теплота сгорания (низшая) 1 кг горючего при $P = 1$ ат, кДж/кг;
 $Q_{p, НКП}$ — теплота сгорания (низшая) 1 кг горючего при $P = 1$ ат на нижнем пределе, кДж/кг;
 $Q_{p, \alpha=1}$ — теплота сгорания (низшая) 1 кг горючего при $P = 1$ ат стехиометрической смеси, кДж/кг;
 T_e — температура вспышки в закрытом тигле, °С;
 T_p — адиабатическая температура горения при $P = 1$ ат, К;
 $T_{p, НКП}$ — адиабатическая температура горения на нижнем пределе при $P = 1$ ат, К;
 α_f — коэффициент избытка окислителя горючего;
 λ_i — число молей оксида в продуктах реакции;
 μ_f — массовая доля горючего в смеси с воздухом;
 ν_i — содержание i -го продукта в смеси, моль/кг.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Баратов, А. Н.** Горение – пожар – взрыв – безопасность / А. Н. Баратов. — М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. — 364 с.
2. **Воинов, А. Н.** Задержки воспламенения смесей гептан – изооктан – воздух / А. Н. Воинов, Д. И. Скороделов, А. А. Борисов [и др.] // Физическая химия. — 1967. — Т. 41. — С. 1150–1151.
3. **Борисов, А. А.** Особенности воспламенения смесей горючих жидкостей / А. А. Борисов, Б. Е. Гельфанд, Л. Т. Еременко [и др.] // Физическая химия. — 1979. — Т. 247, № 5. — С. 1176–1179.
4. **Бойко, В. М.** Воспламенение в воздухе порошков алюминия в смесях с жидкими углеводородными топливами / В. М. Бойко, С. В. Поплавский // ФГВ. — 1999. — Т. 35, № 1. — С. 35–40.
5. **Данилов, А. М.** Применение присадок в топливах для автомобилей: справочник / А. М. Данилов. — М.: Химия, 2000. — С. 47–54.
6. **Алексеев, А. Г.** Результаты исследования характеристик взрываемости порошков алюминия, магния и некоторых сплавов на их основе / А. Г. Алексеев, А. Ф. Шаповал, В. В. Диков [и др.] // Предупреждение внезапных воспламенений порошков и взрывов газодисперсных систем. — Киев: Наукова думка, 1975. — С. 106–109.
7. **Недин, В. В.** О сравнительных исследованиях характеристик взрываемости газозвесей порошков / В. В. Недин, О. Д. Нейков, А. Г. Алексеев [и др.] // Предупреждение внезапных воспламенений порошков и взрывов газодисперсных систем. — Киев: Наукова думка, 1975. — С. 92–101.
8. **Недин, В. В.** Взрывоопасность металлических порошков / В. В. Недин, О. Д. Нейков, А. Г. Алексеев [и др.]. — Киев: Наукова думка, 1971. — 140 с.
9. **Злобинский, Б. М.** Воспламеняемость и токсичность металлов и сплавов / Б. М. Злобинский, В. Г. Иоффе, В. Б. Злобинский. — М.: Металлургия, 1972. — 264 с.
10. **Egorova, I. V.** Initiation of deflagration and detonation in the metal dust/air systems / I. V. Egorova, V. N. Kondrikov // New trends in research of energetic materials: Proceedings of the 9th seminar. — Czech. Republic: Univ. Pardubice, April, 2006. — P. 569–580.
11. **Сталл, Д.** Химическая термодинамика органических соединений / Д. Сталл, Э. Вестрам, Г. Зинке. — М.: Мир, 1971. — 807 с.

12. **Корольченко, А. Я.** Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник. 2-е изд., переб. и доп. / А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко. — М.: Пожнаука, 2004. — Ч. 1. — 713 с.; Ч. 2. — 774 с.
13. International Chemical Safety Cards (ICSC) / Официальное интернет-представительство Института промышленной безопасности, охраны труда и социального партнерства (<http://www.safework.ru/ilo/ICSC/cards/index.asp>).
14. **Belov, G. V.** Thermodynamic Analysis of Combustion Products at High Temperature and Pressure / G. V. Belov // Propellants, Explosives, Pyrotechnics. — 1998. — V. 23. — P. 86–89.
15. **Райкова, В. М.** Комплекс компьютерных программ расчета параметров горения и взрыва смесей горючих газов и паров с воздухом / В. М. Райкова, М. Ю. Харламкин // Промышленная безопасность коксохимического производства: материалы международного семинара. — М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2003. — С. 108–113.
16. **Васин, А. Я.** О влиянии химического строения органических веществ на взрывоопасность пылей / А. Я. Васин, В. М. Райкова // Пожаровзрывобезопасность. — 2007 — Т. 16, № 1. — С. 14–18.
17. **Розловский, А. И.** Основы техники взрывобезопасности при работе с горючими газами и парами / А. И. Розловский. — М.: Химия, 1980. — 376 с.
18. **Акинин, Н. И.** Методические основы прогнозирования и предотвращения взрывов легковоспламеняющихся и взрывчатых материалов на опасных производственных объектах металлургических и коксохимических предприятий: дисс. ... д-ра техн. наук. — М., 2005. — 284 с.
19. **Мальцев, В. М.** Основные характеристики горения / В. М. Мальцев, М. И. Мальцев, Л. Я. Кашпоров. — М.: Химия, 1977. — 320 с.
20. **Егорова, И. В.** Характеристики взрывоопасности смесей алюминия и магния с воздухом / И. В. Егорова, Б. Н. Кондриков, В. М. Райкова // Вопросы надежности и безопасности технологических процессов. — М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2006. — С. 160–172.

Поступила в редакцию 20.01.08.



Д-р физ.-мат. наук,
профессор кафедры
"Пожарной безопасности" МГСУ
В. А. Горев

УДК 614.841

ОЦЕНКА СКОРОСТИ ГОРЕНИЯ ОДНОРОДНОЙ ГАЗОВОЙ СМЕСИ ПРИ ОПРЕДЕЛЯЮЩЕМ ВЛИЯНИИ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ПЛАМЕНИ

Исследован механизм возрастания скорости горения при внутренних взрывах для систем с низким уровнем начальной турбулентности. Показано, что в результате неустойчивости пламени скорость горения может увеличиваться в 2,5–4 раза по сравнению с ламинарной скоростью горения исходной смеси. Дальнейшее развитие неустойчивости и ускорение горения затруднены. Указаны возможные причины затруднения последующей интенсификации процесса.

При рассмотрении вопросов, связанных с взрывоустойчивостью зданий при внутреннем взрыве, встречаются случаи, когда взрывное горение газовых смесей определяется только свойствами горючих смесей и масштабом системы, т.е. скорость горения изменяется в результате автотурбулизации пламени. К этому случаю можно отнести ситуацию, когда в системе находятся предметы-преграды, обтекание которых может положить начало процессу турбулизации, но блокирующее сечение этих преград мало, так что они перекрывают не более 10% площади системы в каждом направлении.

В работе [1] предлагается критерий возможности прогрессивного ускорения распространения пламени:

$$k = \frac{u_{\max} - \bar{u}}{\bar{u}} + \chi \frac{u'}{\bar{u}} > \frac{1}{\sigma - 1}, \quad (1)$$

где u_{\max} — максимальная скорость;

\bar{u} — средняя скорость усредненного глобального течения газа перед фронтом пламени;

u' — интенсивность турбулентных пульсаций скорости в исходной горючей смеси перед фронтом пламени;

χ — коэффициент пропорциональности;

σ — степень расширения.

При распространении пламени в трубах первый член уравнения (1) оказывает заметное влияние, выражающееся в увеличении реальной площади поверхности пламени по отношению к площади сечения трубы. При увеличении скорости движения пламени влияние этого члена уменьшается. Для случая свободно распространяющегося пламени, например сферического, этот член равен нулю.

При $u' = 0$ в свободном пространстве ускорения горения не происходит.

В случаях, когда в системе расположены преграды, перед фронтом горения происходит турбулизация потока и при оценках можно считать, что $u'/\bar{u} \approx \text{В.О.}/2$ (В.О. — блокирующее отношение) [2], тогда критерий (1) будет выглядеть как

$$\chi \frac{(\sigma - 1)\text{В.О.}}{2} > 1. \quad (2)$$

Теперь, если учесть, что для большинства смесей $(\sigma - 1)/2 \approx 2,5 - 3,5$, $\chi = 1,4$ [3], то для площади блокирующих преград с блокирующим отношением $\text{В.О.} < 0,2$ прогрессивного ускорения горения наблюдаться не должно.

Последние выводы подтверждаются экспериментальными результатами [4], где для случая сферической симметрии показано, что при $\text{В.О.} = 0,137$ ускорения горения не происходит при прохождении пламенем всей своей поверхностью последовательно семи преград (рис. 1).

При выполнении указанных условий относительно разреженности пространства возмущения, которые генерируются в результате обтекания преград, не способны вызвать прогрессирующее ускорение пламени [1], поэтому предметы, находящиеся в системе, только "помогают" началу развития неустойчивости пламени, но дальнейшая его турбулизация должна обеспечиваться развитием гидродинамической неустойчивости возмущений с последовательно возрастающими длинами волн.

В публикации [3] это предположение обосновывается тем, что зону горения, в которой происходит расширение газов вследствие повышения их темпе-

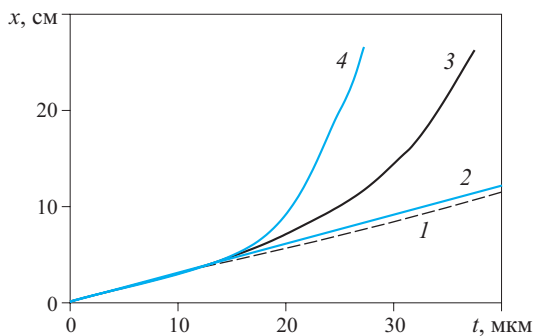


Рис. 1. Зависимость путь x — время t для пламени при различных типах препятствий: 1 — горение без препятствий; 2 — $V.O. = 0,137$; 3 — $V.O. = 0,28$; 4 — $V.O. = 0,41$

ратуры, можно считать тонкой и плоской при достаточно большом размере системы, тогда для этой зоны можно повторить все рассуждения, связанные с неустойчивостью ламинарного пламени [5].

Известно, что ламинарное плоское пламя неустойчиво к гидродинамическим возмущениям [5–7]. Развитие неустойчивости сферических пламен по сравнению с плоскими затягивается [7] из-за увеличения со временем размеров очага, а возмущение должно расти быстрее, чем увеличивается сам очаг.

Хорошо известны экспериментальные результаты, указывающие на неустойчивость сферических пламен [8].

В статье [9] впервые была выдвинута гипотеза о том, что возмущенное пламя способно генерировать турбулентность, и введено понятие “турбулентность, генерированная пламенем”. Там же предложено учитывать эту турбулентность при определении скорости горения, что позволило понять некоторые ранее необъяснимые экспериментальные результаты [9], касающиеся условий низкого уровня начальной турбулентности в хорошо горящих смесях.

Интенсивность турбулентности, генерированной пламенем, согласно работе [10] растет с уровнем начальной турбулентности и зависит от теплового расширения, но не от размеров системы.

Согласно публикации [3] дополнительная турбулентность, генерированная пламенем, вследствие его неустойчивости зависит от размеров системы и не является стационарной при увеличении зоны горения, т.е. турбулентность, генерированная пламенем, постоянно растет, в отличие от утверждений авторов статьи [9], где указано, что интенсивность турбулентности, генерированной пламенем, достигает своего максимума:

$$u'_{\max} = \frac{1}{\sqrt{3}} (\sigma - 1) u_H, \quad (3)$$

где u_T — турбулентная скорость горения.

При степени расширения $\sigma = 7$ $u'_{\max} \approx 3,5u_H$, достигается этот максимум при высокой интенсивности турбулентности исходного потока ($u'_0 \gg u_H$).

Однако опыты [11] показывают, что это не так и что интенсивность турбулентности, генерированной пламенем, достигает значение $u'_{nl} \approx 4,5u_H$ для уровней начальной турбулентности всего $u'_0/u_H \approx 0,2$. При этом также экспериментально показано, что масштаб установки оказывает влияние на уровень турбулентности, генерированной пламенем [12].

Существует два подхода к описанию процесса автотурбуликации пламени, связанной с его неустойчивостью.

Первый подход был развит в работе [3] и основан на возможности приближения любого пламени к плоскому и тонкому и на предположении о последовательном развитии возмущений все большего масштаба по мере увеличения сферического очага. При этом горение нестационарно, энергия турбулентности и скорость горения растут бесконечно, но темп этого роста чрезвычайно низок:

$$u_T = u_H \left[\psi(\sigma) \ln \frac{u_H L_m}{C_1 a_0 \sigma} \right], \quad (4)$$

где u_T — турбулентная скорость горения;

$$\psi(\sigma) = \frac{\sigma}{\sigma + 1} \left[\sqrt{\sigma + 1 - \frac{1}{\sigma}} - 1 \right] \approx 1,6 \text{ при } \sigma = 7;$$

L_m — максимальный масштаб возмущений, развившийся к рассматриваемому моменту;

a_0 — коэффициент температуропроводности горючей смеси, $a_0 \approx 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$;

C_1 — неизвестная константа.

Формула (4) содержит широко известные и измеряемые величины, поэтому удобна при анализе экспериментальных результатов.

Второй подход развит в публикациях [13, 14] и основан на предположении, что после потери устойчивости происходит самоускорение пламени по закону

$$\Delta R = A t^n. \quad (5)$$

Параметры A и n определяются экспериментально и их связь с условиями горения не определена.

В работе автора [15] было установлено, что сферические пламена, ускорившись в результате прохождения через турбулизатор, в дальнейшем замедляют скорость до величин, больших тех, которые были до турбулизатора. Результаты этих опытов свидетельствуют о том, что возможны по крайней мере две различные скорости распространения пламени по спокойной смеси. До вхождения в турбулизатор некоторые, в основном быстро горящие пла-

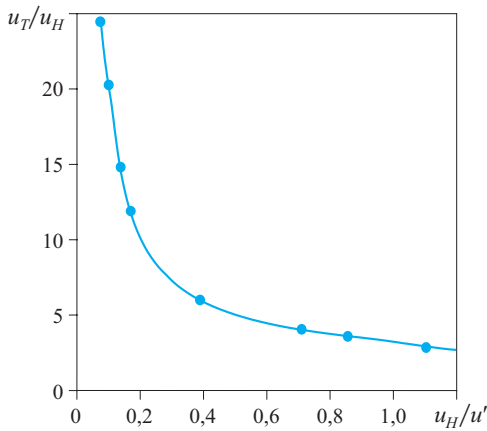


Рис. 2. Изменение u_T/u_H в зависимости от u_H/u' для $Re = 2000$

мена незначительно ускорялись, некоторые — вялогорящие — не ускорялись.

Ввиду того, что на начальное ускорение могли оказывать влияние аппаратные факторы, а размеры экспериментальной установки ограничены, закономерности типа (5) установлены не были.

В публикациях [16, 17] представлены многочисленные экспериментальные результаты по скоростям турбулентного горения в зависимости от u'/u_H и от турбулентного числа Re , основанного на пульсационной скорости u' и интегральном масштабе турбулентности l_T (рис. 2 и 3):

$$Re = \frac{u' l_T}{\nu}; \quad \nu \approx a_0.$$

Из рис. 3 видно, что при низком уровне турбулентности ($u'/u_H < 1$) скорость турбулентного горения, с одной стороны, в несколько раз превышает пульсационную составляющую u' и в то же время при постоянной интенсивности турбулентности ($u'/u_H = \text{const} < 1$) увеличивается с ростом числа Re , т.е. интегрального масштаба турбулентности.

Правдоподобно предположить то, что интегральный масштаб турбулентности соответствует максимальному размеру возмущения в формуле (4). При уровне начальной турбулентности $u'/u_H < 1$, когда турбулентная скорость горения слабо зависит от внешней турбулентности, а определяется только неустойчивостью пламен, можно сравнить результаты экспериментов, представленных в работах [16, 17], с выражением (4) и подобрать значение константы C_1 в нем. При этом будет установлено, зависит ли константа C_1 от турбулентного числа Re .

Турбулентность, генерированная пламенем, вследствие его неустойчивости локализована только в продуктах сгорания, о чем свидетельствуют эксперименты [17].

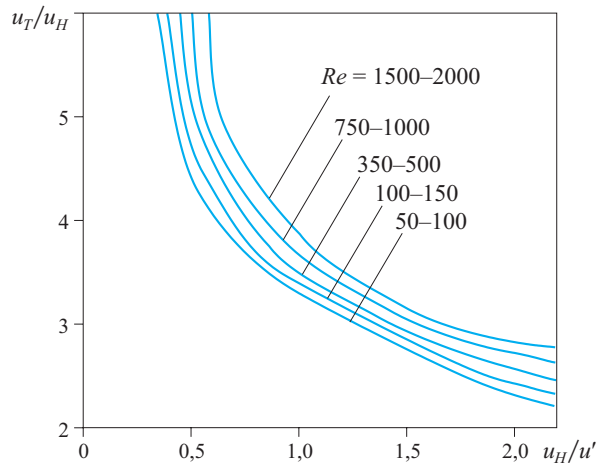


Рис. 3. Изменение u_T/u_H в зависимости от u_H/u' для различных значений Re (указаны на рисунке)

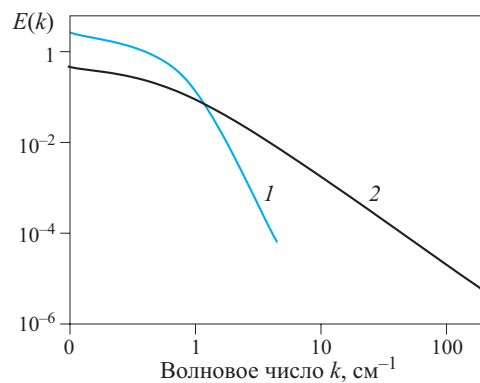


Рис. 4. Спектральная плотность турбулентной энергии: 1 — турбулентность после зоны горения; 2 — турбулентность в набегающем потоке; точка пересечения соответствует $k_{кр}$

На рис. 4 представлена спектральная плотность турбулентности при горении и без него на одной и той же установке. Видно, что турбулентность генерируется только в длинноволновой части спектра при $L > L_{кр}$. Это свидетельствует о том, что именно неустойчивость возмущений, длины волн которых больше $L_{кр}$, ответственна за появление дополнительной турбулентной энергии. С другой стороны, энергия турбулентности диссипируется в продуктах горения быстрее из-за более высокой вязкости.

Рассматриваемый механизм автотурбуликации согласно экспериментальным результатам [9, 11] проявляется при $u'/u_H < 1$. Внутренняя структура пламени сохраняется при турбулентном горении, если колмогоровский микромасштаб турбулентности будет больше толщины ламинарного пламени, что равносильно неравенству:

$$\frac{u_H}{u'} > \frac{2}{(\sqrt{3}\sigma)^{1/2}} Re^{-1/4} \approx 0,575 Re^{-1/4}. \quad (6)$$

u_H/u'	2,0		1,5		1,0		0,5	
Re	50	2000	50	2000	50	2000	50	2000
u_T/u_H	2,5	3,0	2,8	3,1	3,4	3,8	4,3	6,6
u_T/u'	5	6,0	4,2	4,65	3,4	3,8	2,15	3,3
C^*	1,00	0,04	1,7	0,05	3,75	0,12	1,3	1,4
L_m	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-1}$	$3,33 \cdot 10^{-3}$	$1,33 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-1}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$

Приравнивая левую и правую части соотношения (6), легко убедиться в том, что диапазон скоростей, представленных на рис. 3, удовлетворяет условию (6).

На рис. 2 представлена зависимость скорости турбулентного горения в терминах u_T/u_H от u_H/u' при $Re = 2000$.

На рис. 3 представлена та же зависимость для различных чисел Re , вычисленных по интегральному масштабу турбулентности и пульсационной скорости в исходной горючей смеси. Если взять на рис. 2 $u_H/u' = 1$, то в результате развития неустойчивости скорость турбулентного горения $u_T/u_H \approx 4,2$. Следовательно, в результате автотурбуликации скорость турбулентного горения превысит начальную пульсационную в 4,2 раза.

В таблице приведены результаты обработки экспериментальных данных, представленных в работах [16, 17], для двух крайних значений критерия Re (50 и 2000).

Таблица построена следующим образом: u_T/u_H — экспериментальная величина; u_H/u' и Re — исходные данные; L_m — максимальный размер возмущения, вычисленный из условия $Re = u' L_m / \nu$; C^* — константа, найденная из выражения (4), преобразованного к виду:

$$\frac{u_T}{u_H \psi(\sigma)} = \ln \left(C^* \frac{L_m}{\lambda_0} \right), \quad (7)$$

где λ_0 — длина волны возмущения, амплитуда которого растет быстрее других, т.е. возмущения, которое развивается первым,

$$\lambda_0 = \frac{a_0 2\sigma}{u_H} \psi(\sigma) \approx 1,12 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Изменение константы C^* в связи с вариацией L_m свидетельствует о том, что для развития автотурбуликации по рассматриваемому механизму с увеличением L_m в 40 раз скорость распространения растет в 3,2 раза. Оценим, при каком размере очага это возможно. В работе [8] экспериментально обнаружено, что неустойчивость сферических пламен на-

ступает при $Re = u_H R_0 / \nu \approx 10^{-4} - 10^{-5}$, где R_0 — радиус очага сферической формы, для которого впервые обнаруживается неустойчивость. Следовательно $R_0 \approx 0,5 - 5,0$ м.

Предположение, что $L_m \sim R_0$ логически укладывается в объяснение данного механизма автотурбуликации и приводит к величинам конечного радиуса очага $R_K \approx 20 - 200$ м. Скорость горения при этом увеличивается всего в ~ 7 раз. Такие размеры очага при внутренних взрывах маловероятны, а максимальное значение $R_K \approx 5$ м. При этом скорость горения в результате автотурбуликации ограничится величиной $(2,5 - 3,7)u_H$.

Возможность неограниченной автотурбуликации по рассматриваемому механизму затруднена по следующим соображениям:

1. При развитии неустойчивости с возрастающими масштабами турбулентная энергия должна также увеличиваться, локализуясь в длинноволновой части спектра. При одновременном росте крупных вихрей и энергии турбулентности колмогоровский масштаб увеличится и коротковолновая область неустойчивости будет стоком энергии, пламя начнет “сглаживаться”.

2. Другая важная причина затруднения автотурбуликации наблюдается экспериментально на сферических пламенах. После возникновения неустойчивости длина волны возмущения растет вместе с размером очага и следующая неустойчивость развивается с той же самой длиной волны на первоначальном возмущении, т.е. ячейки делятся, а затем укрупненные ячейки первой очереди исчезают.

Таким образом, рассмотрен механизм автотурбуликации свободно распространяющегося пламени по смеси с низким уровнем начальной турбулентности. Автотурбулификация осуществляется в результате последовательного развития неустойчивости возмущений увеличивающегося размера. Показано, что для оценки скорости горения при взрывах внутри помещений достаточно учитывать только первую потерю устойчивости (формула (6)) с масштабом возмущения $L_m \approx 0,16 - 0,20$ от среднего поперечного размера преграды [16].

ЛИТЕРАТУРА

1. **Зельдович, Я. Б.** Математическая теория горения и взрыва / Я. Б. Зельдович, Г. И. Баренблатт, В. Б. Либрович [и др.]. — М.: Наука, 1980.
2. **Robinson, G. F.** / G. F. Robinson, A. A. Kovitz // AAIAJ. — 1975. — 13:1488.
3. **Кузнецов, В. Р.** Влияние неустойчивости пламени на турбулентное горение гомогенной смеси / В. Р. Кузнецов // Горение газов и натуральных топлив. — Черноголовка: ОИХФ АН СССР, 1980. — С. 32–37.
4. **Баратов, А. Н.** Анализ механизмов ускорения горения при аварийных взрывах / А. Н. Баратов, В. А. Горев, А. Н. Голенев // Горение гетерогенных и газовых систем. — Черноголовка: ОИХФ АН СССР, 1986. — С. 114–118.
5. **Ландау, Л. Д.** Механика сплошных сред / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — М.: Гостехиздат, 1954.
6. **Маркштейн, Дж. Г.** Нестационарное распространение пламени / Дж. Г. Маркштейн. — М.: Мир, 1968.
7. **Истратов, А. Г.** Об устойчивости распространения сферического пламени / А. Г. Истратов, В. Б. Либрович // ЖПМТФ. — № 1. — С. 67–78.
8. **Щелкин, К. И.** Газодинамика горения / К. И. Щелкин, Я. К. Трошин. — М.: Изд-во АН СССР, 1965.
9. **Karlowitz, V.** Investigation of turbulent flames / V. Karlowitz [et al.] // J. Chem. Phys. — 1951. — Vol. 19, № 4. — P. 541–552.
10. **Кузнецов, В. Р.** Турбулентность и горение / В. Р. Кузнецов, В. А. Сабельников. — М.: Наука, 1986.
11. **Suzuki, T.** An experimental study of turbulent premixed flame / T. Suzuki [et al.] // Bulletin YSME. — 1979. — Vol. 22, № 167. — P. 848–856.
12. **Ballal, D. R.** The structure and propagation of turbulent flames / D. R. Ballal // Proc. Roy. Soc. — 1975. — A. 344, № 1637. — P. 217–234.
13. **Гостинцев, Ю. А.** Автомодельный режим распространения свободного турбулентного пламени в перемешанных газовых смесях / Ю. А. Гостинцев, А. Г. Истратов, Ю. В. Шуленин // ФГВ. — 1988. — Т. 24, № 5. — С. 63.
14. **Гостинцев, Ю. А.** Автотурбулизация газовых пламен. Анализ экспериментальных результатов / Ю. А. Гостинцев, А. Г. Истратов, Н. Н. Кидин [и др.] // Теплофизика высоких температур. — 1999. — Т. 37, № 2. — С. 306–312.
15. **Горев, В. А.** Ускоряющееся горение в газовых объемах / В. А. Горев, С. Н. Мирошников // Химическая физика. — 1982. — № 6. — С. 854–860.
16. **Abdel-Gayed, R. G.** Dependence of turbulent burning velocity on turbulent Reynolds number and ratio of laminar burning velocity to R. M. S. turbulent velocity / R. G. Abdel-Gayed, D. Bradley // Phil Trans. Royal Society of London. — 1981. — Vol. 301, № 1. — P. 1725–1735.
17. **Ballal, D. R.** The structure of premixed turbulent flame / D. R. Ballal // Proc. Roy. Soc. — 1979. — A 367, № 1730. — P. 353–380.

Поступила в редакцию 25.01.08.



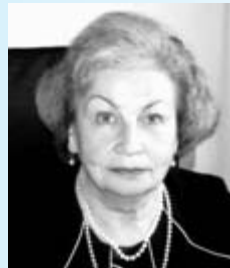
Магистрант кафедры “Технологии полимерных пленочных материалов и искусственной кожи (ТПММ и ИК)” Московского государственного университета дизайна и технологии (МГУДТ)

П. М. Беспалов



Канд. техн. наук, доцент кафедры ТППМ и ИК МГУДТ

Л. Л. Гайдарова



Д-р хим. наук, профессор, заведующая кафедрой ТППМ и ИК МГУДТ

Г. П. Андрианова

Д-р хим. наук, главный научный сотрудник Института физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина РАН

Ю. П. Топоров

УДК 675.92.04

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ КАК АНТИПИРЕНА В ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНОМ ПОКРЫТИИ ИСКУССТВЕННОЙ КОЖИ

Исследовано влияние степени дисперсности и вида гидроксида алюминия на его эффективность как антипирена в поливинилхлоридных (ПВХ) композициях. Показано влияние предыстории порошка на его взаимодействие с полимером, а также на особенности эндотермических процессов при нагревании ПВХ пленок. Установлено, что наибольшим антипирирующим действием обладает наногидроксид алюминия.

В настоящее время актуальной проблемой является снижение токсикологической опасности полимерных материалов пониженной горючести, поскольку традиционные антипирены в большинстве своем являются вредными веществами или выделяют таковые в условиях пожара. Так, при использовании галогенсодержащих антипиренов образуются такие токсичные газы, как бромид и хлорид водорода, бром, хлор. При горении материалов с фосфорсодержащими ингибиторами возможно выделение летучих соединений фосфора. Особенно опасны фосфоргалогидриды органические антипирены, поэтому, несмотря на их высокую эффективность, наметилась тенденция к ограничению их применения [1, 2].

К нетоксичным антипиренам относятся гидроксиды металлов и в первую очередь $Al(OH)_3$. Однако для существенного снижения горючести в полимерные композиции, в частности на базе поливинилхлорида (ПВХ), необходимо вводить 50–200 мас. ч. указанного антипирена-наполнителя [3, 4]. Такую высокую концентрацию порошкообразной добавки невозможно использовать для снижения горючести обивочной искусственной кожи (ИК) вследствие очень малой толщины ПВХ слоя, наносимого на волокнистую основу. Другим фактором, препятствующим применению высоконаполненной композиции, является метод производства ИК. Данный ма-

териал обычно получают из пластизолой (паст) ПВХ, которые должны обладать определенной текучестью. Высокая степень наполнения антипиреном резко увеличит вязкость ПВХ смеси и сделает ее непригодной к переработке.

Повышение эффективности гидроксида алюминия позволило бы снизить его концентрацию в ПВХ пластизоле и применить данный нетоксичный антипирен для производства обивочной ИК.

Известно, что свойства гидроксида алюминия как антипирена обусловлены, прежде всего, его эндотермическим разложением при нагревании. Температура проявления эндозффектов и количество поглощенной теплоты зависят от условий синтеза гидроксида алюминия, которые предопределяют его структуру [5, 6]. На эффективность гидроксида алюминия влияет также его степень дисперсности. В работе [4] показано, что увеличение степени дисперсности порошка гидроксида алюминия до размера частиц 5 мкм способствует снижению горючести ПВХ материала, однако рекомендуемая концентрация антипирена все же очень высока — 50 мас. ч. на 100 мас. ч. ПВХ.

Целью настоящего исследования являлась оценка совместного влияния дисперсности, способа получения и обработки гидроксида алюминия на эффективность его антипирирующего действия в ПВХ покрытии для обивочной ИК.

В работе использовали наногидроксид алюминия (НГА) марки IPC, полученный гидролизом нанопорошка алюминия, промышленный (ТУ 6-47-107-88) гидроксид алюминия (ГА) и этот же порошок, но прошедший операцию механодиспергирования (ДГА). Содержание указанных антипиренов в пластизоле на основе ПВХ-ЕП 6602С и пластификатора диоктилфталата варьировали от 4 до 20 мас. ч. на 100 мас. ч. полимера.

Горючесть модельных ПВХ пленок исследовали в режиме зажигания, когда пламя непосредственно контактировало с образцом, и в режиме самовоспламенения, при котором пламя находилось на расстоянии 2 см от поверхности образца, закрепленного горизонтально в металлической рамке. Определяли потерю массы образцов при горении Δm и время индукции до начала самовозгорания $\tau_{инд}$. В случае отсутствия самовоспламенения в течение 2 мин опыт прекращали. Визуально оценивали цвет и количество дыма.

Тепловые эффекты при нагревании пленок исследовали методом дифференциально-сканирующей калориметрии на приборе DSC Q100.

Удельную поверхность порошков косвенно характеризовали водным числом (предельное количество воды, которое поглощается навеской порошка).

Определение водного числа показало, что его величина составляет для ГА 200%, ДГА — 280%, НГА — 400%. Полученные результаты свидетельствуют, что несмотря на склонность к агломерации, НГА отличается наибольшей степенью дисперсности в сравнении с ГА и ДГА.

Характеристики эндоэффектов в ПВХ пленках, содержащих исследуемые виды гидроксида алюминия, определяли из анализа ДСК-грамм, полученных для образцов с 20 мас. ч. антипирена. Результаты, представленные в табл. 1, показывают, что нагревание всех вариантов пленок сопровождается эндоэффектами, однако нет прямой зависимости между степенью дисперсности порошка и величиной эндоэффекта.

Удельная энтальпия ΔH , характеризующая количество поглощенной теплоты, выше у образца с ГА, нежели с полученным тем же методом, но более дисперсным ДГА. Максимальная величина ΔH соответствует пленке, содержащей тонкодисперсный НГА.

Температурная область проявления эндоэффектов $\Delta T_{эндо}$ также различна и зависит от вида гидроксида алюминия. При использовании ДГА эндотермический процесс развивается в наиболее узком диапазоне температур, который составляет всего 20°C, а в образце с НГА эндоэффекты проявляются на протяжении почти 100°C.

Таблица 1. Влияние гидроксида алюминия на тепловые характеристики ПВХ пленок

Вид гидроксида алюминия	$\Delta T_{эндо}, ^\circ\text{C}$	$\Delta H, \text{Дж/г}$	$T, ^\circ\text{C}$
ГА	220–275	7,9	141–145
ДГА	230–250	4,2	148–155
НГА	178–275	17,1	115–123

Таблица 2. Влияние гидроксида алюминия на характеристики горючести ПВХ пленок

Вид гидроксида алюминия	Концентрация гидроксида алюминия, мас. ч.	Характеристики горючести образцов в режиме		
		самовоспламенения		зажигания
		$\tau_{инд}, \text{с}$	$\Delta m, \%$	
Без антипирена		5	100	Сгорел
ГА	20	48	9,8	Самозатухающий
	10	10	79,0	Сгорел
ДГА	20	40	12,4	Самозатухающий
	10	7	88,2	Сгорел
НГА	20	> 120	2,1	Не поддерживает горения
	10	То же	8,5	То же
	8	45	14,0	Самозатухающий
	6	12	27,4	То же
	4	5	48,6	Сгорел

Таким образом, сравнение пленок, содержащих ДГА и ГА, показывает, что операция механодиспергирования антипирена приводит к ослаблению эндотермического эффекта. НГА, полученный иным методом, нежели промышленный гидроксид алюминия, способствует усилению эндоэффектов, которые проявляются в наиболее широком температурном диапазоне.

В табл. 1 представлен также температурный переход T ПВХ пленок, который характеризует подвижность макромолекул ПВХ. Изменение положения T в зависимости от вида гидроксида алюминия свидетельствует о различном взаимодействии полимера с поверхностью частиц антипирена. В частности, наименее подвижны цепи ПВХ при использовании ДГА, величина T максимальна. Полученные данные показывают, что каждый вид гидроксида алюминия имеет специфические особенности поверхности частиц порошка, зависящие от его предыстории. Можно отметить, что чем ниже T , тем больше величина ΔH (см. табл. 1).

Различия в тепловых характеристиках оказали влияние на горючесть ПВХ пленок (табл. 2). Результаты свидетельствуют, что 10 мас. ч. ГА и ДГА недостаточно, чтобы ПВХ пленки оказались не поддерживающими горение, тогда как применение НГА в том же количестве делает образец устойчивым к

горению. Более того, предельно допустимая концентрация НГА может быть снижена до 6 мас. ч., что практически не окажет влияния ни на вязкость ПВХ пластизоля, ни на эксплуатационные свойства ИК.

Следует отметить, что при горении образца, не содержащего антипирен, выделяется большое количество черного дыма. Использование 20 мас. ч. ГА и ДГА существенно снижает дымообразование, а цвет дыма становится белым. Аналогичный ре-

зультат получен при введении в ПВХ 10 и более мас. ч. НГА, при меньшем его содержании выделяется дым серого цвета.

Проведенные исследования показали, что активность гидроксида алюминия как антипирена зависит не только от степени дисперсности, но, прежде всего, от методов получения и обработки, которые обуславливают тепловые эффекты в наполненных им полимерных композициях.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Екимов, А.** В огне не горит / А. Екимов, И. Айзинсон // Пластикс. — 2007. — № 7–8. — С. 49–52.
2. Low smoke cables // Fire Safety Engineering. — 1998. — V. 5, № 1. — P. 50.
3. Огнестойкость ПВХ композиции с пониженным дымо-, газовыделением: Обзорная информация. — М.: НИИТЭИ химпром, 1984. — 39 с.
4. **Гукепшева, Л. М.** Влияние концентрации и степени измельчения антипирена-наполнителя на физические свойства ПВХ композиций / Л. М. Гукепшева, Р. Б. Тхакахов, М. М. Бегретов [и др.] // Пластические массы. — 2006. — № 6. — С. 13–14.
5. **Аптикашева, А. Г.** Морфология поверхности гидроксидов алюминия, полученных в процессе промышленного синтеза / А. Г. Аптикашева, А. А. Ламберов, С. Р. Егорова [и др.] // ЖФХ. — 2005. — Т. 79, № 9. — С. 1633.
6. **Аптикашева, А. Г.** Особенности формирования фазового состава гидроксидов алюминия периодического осаждения в условиях промышленного синтеза / А. Г. Аптикашева, А. А. Ламберов, С. Р. Егорова [и др.] // Химическая технология. — 2007. — Т. 8, № 9. — С. 396–401.

Поступила в редакцию 22.11.07.

ДЫМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ГОРЕНИИ ОГНЕЗАЩИЩЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Рассмотрен механизм дымообразования в режимах тления и племенного горения огнезащитной древесины. Приведены результаты экспериментов по изучению влияния средств огнезащиты на дымообразование огнезащитной древесины. Установлено, что поверхностная обработка древесины огнезащитными составами приводит к снижению дымовыделения. При этом огнезащитная обработка либо не изменяет группу дымообразующей способности, либо позволяет перевести древесину из группы D3 материалов с высокой дымообразующей способностью в группу D2 материалов с умеренной дымообразующей способностью.

Обработка древесины огнезащитными составами приводит к изменению всех пожарно-технических характеристик: групп горючести, воспламеняемости и распространения пламени, дымообразующей способности и токсичности продуктов горения [1, 2]. В настоящей статье рассмотрено влияние некоторых широко распространенных огнезащитных пропиток и покрытий, относящихся к I и II группам огнезащитной эффективности (по классификации НПБ 251–98 [3]).

Дым, выделяющийся при горении огнезащитной древесины, представляет собой совокупность газообразных продуктов горения, в которых рассеяны небольшие твердые и жидкие частицы размерами от 0,1 до 10 мкм.

Основная опасность дыма для людей в начальной стадии развития пожара заключается в уменьшении видимости и присутствии в нем токсичных продуктов горения. Снижение видимости затрудняет эвакуацию людей из горящего здания и может привести к гибели в результате воздействия продуктов горения в течение недопустимо длительного периода времени.

В начальной стадии пожара потеря видимости за счет задымления помещений может значительно опережать воздействие на людей других опасных факторов пожара. По этой причине дымообразующая способность строительных материалов считается одной из основных характеристик их пожарной опасности [4].

Дым — аэрозоль, состоящий из мелкодисперсных частиц, формируется в результате неполного сгорания строительных материалов. Он образуется как при пламенном их горении, так и в процессе тления. При разных режимах горения характер частиц и закономерности их образования существенно различаются.

В режиме тления дым образуется при нагреве древесины до температур, при которых начинаются ее термическое разложение и выделение летучих продуктов в газовую фазу. Продукты разложения с большой молекулярной массой конденсируются по мере поступления в относительно холодный воздух с образованием тумана, состоящего из мельчайших капель смол, высококипящих жидкостей и конденсированной влаги. Образующиеся капли склоны к коагуляции, поскольку будучи подвержены броуновскому движению, сталкиваются и слипаются друг с другом. В итоге с течением времени общее количество частиц уменьшается, а средний размер до определенных пределов увеличивается.

Дым, образующийся при пламенном горении древесины, отличается от дыма, возникающего при тлении. Он состоит почти целиком из твердых частиц. При пламенном горении сухой древесины одним из конденсированных компонентов дыма является свободный углерод в виде сажи [5]. Основная же масса частиц образуется в газовой фазе в результате неполного сгорания и высокотемпературных реакций пиролиза при недостатке кислорода. Конечными продуктами этих реакций зачастую являются полициклические ароматические углеводородные соединения и полиацетилены, которые являются очагами сажеобразования внутри пламени. Мельчайшие частицы сажи могут окисляться в зоне химических превращений в пламени. Однако наиболее вероятен процесс их спекания, образования более крупных частиц и выхода из зоны горения в виде дыма. Существенную роль в процессе дымообразования играет химический состав горючего материала.

В экспериментах по изучению влияния средств огнезащиты на дымообразование при горении дре-

веса использованы огнезащитные составы, свойства которых представлены в табл. 1.

В серии предварительных опытов в соответствии с требованиями стандарта [6] были реализованы два режима: пламенного горения при воздействии на образцы теплового потока плотностью $q = 35 \text{ кВт/м}^2$ и тления.

Для всех исследованных составов значения коэффициентов дымообразования D_m в режиме тления оказались примерно на порядок выше, чем в режиме пламенного горения. Поэтому основная серия экспериментов проводилась при горении образцов огнезащищенной древесины в режиме тления.

На рис. 1 и 2 приведены экспериментальные данные по влиянию расхода огнезащитных пропиток и покрытий на дымообразование древесины в режиме тления.

Исходной точкой для сравнения эффективности огнезащитных составов является коэффициент дымообразования необработанной сосновой древесины (в режиме тления), который в проведенных экс-

периментах при исходной влажности древесины оказался равным 700.

Во всех случаях поверхностная обработка древесины огнезащитными составами приводит к снижению дымовыделения. Подобные результаты получены в работе [2], в которой исследовано влияние на коэффициент дымообразования древесины пропиточного состава на основе фосфор- и азотсодержащих низкомолекулярных веществ и пленкообразующего покрытия на основе модифицированных высокомолекулярных полисахаридов.

Таблица 1. Свойства огнезащитных составов, использованных в экспериментах

Название	Назначение	Внешний вид	Группа огнезащитной эффективности (при расходе, г/м ²)
Асфор	Пропитка	Прозрачная бесцветная вязкая жидкость	II (300)
Асфор-Экстра	Пропитка	Прозрачная бесцветная вязкая жидкость	I (350)
Пирилакс	Пропитка	Прозрачная слегка окрашенная жидкость	I (280)
Огракс ПД-1	Пропитка	Прозрачная жидкость желтого цвета	I (280)
ОЗК-45 Д	Покрытие	Водно-дисперсионная краска белого цвета	I (300)
МПВО	Покрытие	Паста серого цвета	I (700)
Огракс В-СК	Покрытие	Водно-дисперсионная краска белого цвета	I (200)
СГК-1	Покрытие	Двухкомпонентная система лак-полуфабрикат и вспенивающийся наполнитель	I (500)
Негорин	Огнезащитный лак	Прозрачная бесцветная вязкая жидкость	I (350)

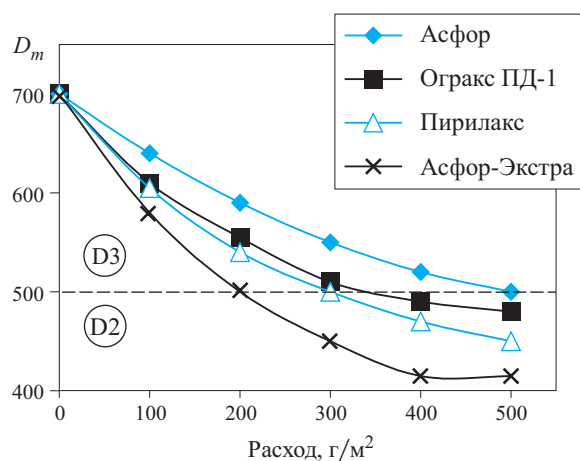


Рис. 1. Зависимость коэффициента дымообразования D_m огнезащищенной древесины от расхода огнезащитной пропитки при $q = 35 \text{ кВт/м}^2$

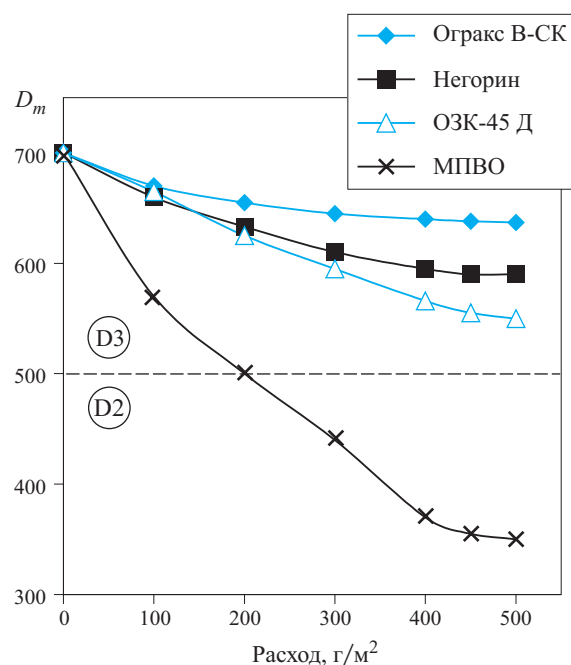


Рис. 2. Зависимость коэффициента дымообразования D_m огнезащищенной древесины от расхода огнезащитного покрытия при $q = 35 \text{ кВт/м}^2$

Таблица 2. Дымообразующая способность огнезащитной древесины

Огнезащитный состав	Расход, г/м ²	D_m , м ² /кг	Группа дымообразующей способности
Древесина сосны (необработанная)	—	700	D3
<i>Пропитки:</i>			
Асфор	300	580	D3
Асфор-Экстра	350	470	D2
Пирилакс	280	500	D3
Огракс ПД-1	280	510	D3
<i>Покрyтия:</i>			
ОЗК-45 Д	300	600	D3
Огракс В-СК	200	650	D3
СГК-1	500	505	D3
Негорин	350	600	D3
МПВО	700	340	D2

В табл. 2 приведены значения коэффициентов дымообразования и группы дымообразующей способности для расходов огнезащитных композиций,

при которых обеспечивается I или II группа огнезащитной эффективности (по классификации НПБ 251–98 [3]). Из представленных данных следует, что огнезащитная обработка либо не изменяет группу дымообразующей способности, либо позволяет перевести древесину из группы D3 материалов с высокой дымообразующей способностью в группу D2 материалов с умеренной дымообразующей способностью.

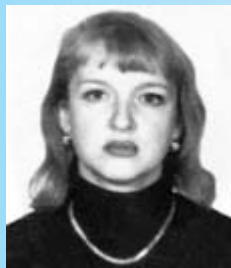
При этом следует подчеркнуть, что перевод в группу D2 возможен при увеличении расхода огнезащитных пропиток до величины: Асфор — 500 г/м²; Огракс ПД-1 — 350 г/м²; Пирилакс — 300 г/м. Увеличение расхода огнезащитных покрытий не приводит к переходу огнезащитной древесины в группу D2.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о подавлении процесса дымообразования при горении древесины в результате ее обработки огнезащитными составами.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Корольченко, А. Я.** Средства огнезащиты: справочник / А. Я. Корольченко, О. Н. Корольченко. — М.: Пожнаука, 2006. — 258 с.
2. **Асеева, Р. М.** Эффективность и механизм действия двух огнезащитных систем для древесины / Р. М. Асеева, Б. Б. Серков, А. Б. Сивенков [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. — 2007. — Т. 16, № 5. — С. 23–30.
3. **НПБ 251–98.** Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний.
4. **СНиП 21-01–97.** Пожарная безопасность зданий и сооружений.
5. **Снегирев, А. Ю.** Учет коагуляции дыма при численном моделировании пожара в помещении / А. Ю. Снегирев, Г. М. Махвиладзе, Дж. Робертс // Пожаровзрывобезопасность. — 1999. — Т. 8, № 3. — С. 21–31.
6. **ГОСТ 12.1.044–89.** Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

Поступила в редакцию 25.01.08.



Канд. хим. наук, доцент кафедры
"Пожарной безопасности" МГСУ
О. Н. Трифонова

УДК 614.841.3:620.197.6

ХИМИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЕЕ ГОРЮЧЕСТИ

Рассмотрены вопросы, касающиеся химической модификации древесины с целью снижения ее горючести. Отмечено, что выделенные в теории огнезащиты подходы в определенной степени используются при разработке конкретных рецептов и технологий снижения горючести разнообразных материалов.

Дерево благодаря комплексу высоких конструктивных качеств, доступности и дешевизне остается на протяжении тысячелетий одним из основных строительных материалов.

Древесина характеризуется весьма высоким отношением ее прочности к весу. Это очень эластичный и легко поддающийся обработке материал длительного пользования, достаточно устойчивый к химическим веществам средней активности и не подверженный коррозии. Но, как известно, помимо деревопоражающих организмов, древесине может угрожать разрушительное воздействие огня, являющееся в определенной степени более интенсивным разрушающим фактором.

Число пожаров, связанных с возгоранием древесины, довольно значительно. Широкое применение древесно-плитных материалов, и что особенно опасно, в сочетании с синтетическими ковровыми покрытиями создает дополнительную угрозу отравления продуктами их горения. А согласно данным о погибших при пожарах оказывается, что более чем в 60% случаев токсичность продуктов горения явилась причиной летального исхода.

Повышенная воспламеняемость и горючесть древесины обусловлены выделением большого количества горючих газов при термическом разложении ее основных компонентов (целлюлозы, полиоз и лигнина). Процесс термического разложения древесины подразделяется на четыре стадии. Начальная стадия связана с сушкой и декарбонизацией древесины. На второй происходит распад полиоз ($T = 265^\circ\text{C}$), сопровождающийся выделением CO , CH_4 и других низкомолекулярных углеводородов, способных воспламеняться. Третья стадия активного распада соответствует максимальной скорости разложения целлюлозы при 310°C . На распад полиоз и целлюлозы накладывается процесс разложения лигнина. Эта стадия завершается при

360°C и характеризуется образованием основного количества летучих продуктов (55% массы образца). При этом создаются условия для устойчивого пламенного горения. Четвертая стадия — формирование структуры угля — экзотермична (максимум данного эффекта приходится на 480°C) и соответствует фазе беспламенного горения.

Выбор средств огнезащиты деревянных конструкций осуществляется с учетом рассмотренных выше особенностей ее поведения при высокотемпературном нагреве в условиях пожара.

На основе схемы горения древесины как циклического процесса (рисунок) рассмотрим принципиальные приемы его подавления. Действие отдельных огнезащитных факторов обозначим цифрами.

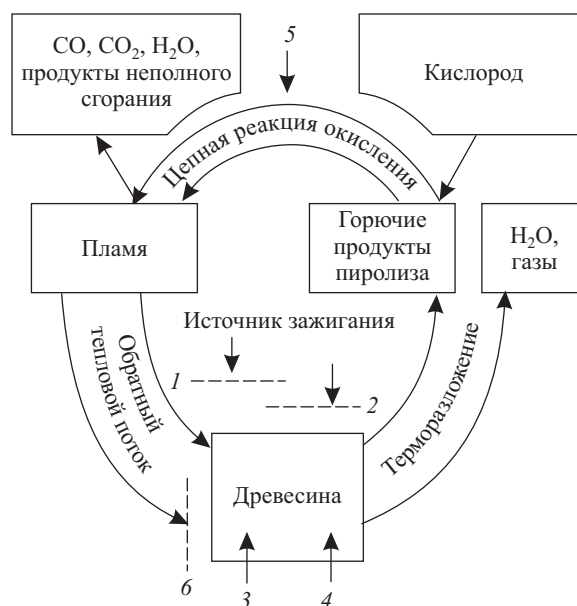


Схема процесса горения древесины и мероприятия, направленные на его подавление (обозначения в тексте)

Для предотвращения нагревания материала на него наносят вспучивающиеся покрытия 1, с помощью специальных лаков и других средств преграждают доступ воздуха и затрудняют выход летучих продуктов 2, вводя минеральные наполнители 3, снижают долю горючего субстрата в композиционном материале. Эффективные антипирены изменяют механизм пиролиза 4, уменьшая выход горючих продуктов, или ингибируют пламенное горение 5, в результате чего количество теплоты при экзотермическом процессе окисления в газовой фазе уменьшается. Обугливание поверхности препятствует развитию процесса пиролиза 6.

Практическая задача заключается в необходимости разорвать рассмотренный цикл, нарушить активное участие трех обязательных его составляющих: материала, окислителя (кислорода воздуха) и энергетического потока. В теории огнезащиты выделяют три подхода, в определенной степени используемых при разработке конкретных рецептур и технологий снижения горючести самых разнообразных материалов.

1. Термодинамический подход, основанный на снижении теплового эффекта горения ниже уровня источника зажигания. Достигается изменением механизма химических реакций с участием антипирена как химического реагента, в результате чего значительная доля массы материала удерживается в виде угольного остатка. Состав летучих продуктов изменяется в направлении повышенного выхода воды и химических соединений с более высокими значениями предела воспламенения.

2. Кинетический подход, в соответствии с которым скорость реакций, протекающих по свободно-радикальному механизму, ингибируется продуктами распада антипиренов и собственно древесинного вещества. Изменяется и кинетика превращений в конденсированной фазе: температурный интервал расширяется, константы скорости снижаются, уменьшается кажущаяся (эффективная) энергия активации. Последняя интерпретируется как параметр не термораспада, а взаимодействия антипирена с древесинным веществом с образованием более термостойких продуктов реакции. Задача решается подбором условий, при которых скорость горения на самоподдерживающейся основе становится ниже критической, что обеспечивает затухание процесса.

Два перечисленных аспекта рассматриваются либо самостоятельно, либо совместно в рамках так называемой химической огнезащиты. Совместное рассмотрение обоих аспектов более продуктивно, но и более сложными оказываются нахождение эмпирических параметров, комплексное решение задачи. При недостаточной квалификации разработчика ошибки при попытке создания огнезащитных систем на этой основе становятся существенными.

Объяснительная же возможность химической теории (пассивный вариант ее применения) достаточно высока, что и обуславливает широкий интерес к ней научных работников.

3. Технический подход предлагает использование мероприятий, затрудняющих тепло- и массопередачу с помощью покрытий как бы без вмешательства в структуру древесинного вещества. Антипирены эндотермически плавятся, сдвигая тепловой баланс в сторону затухания процесса. Продукты их разложения, если они не являются ловушкой для свободных радикалов, могут разбавлять горючие летучие продукты ниже концентрационного предела их воспламенения. Учет изолирующего вклада угольного остатка приводит к делению материалов на термически тонкие и термически толстые, закономерности для которых выводятся из различных теоретических посылок.

Понятие пожаробезопасности древесных материалов наряду с оценкой горючести включает оценку дымообразующей способности и токсичности продуктов горения (ГОСТ 12.1.044–89 “Пожаровзрывоопасность веществ и материалов”). Корреляция между оценками либо отсутствует, либо варьирует в широком интервале и зависит от вида антипирена. Неполное горение продуктов термораспада, процессы их конденсации в газовой фазе могут повышать плотность дыма и с большей интенсивностью отрицательно воздействовать на людей. Однако из-за значительного сокращения выхода летучих продуктов это воздействие может оказаться и менее опасным по сравнению с необработанной древесиной. Для конечной оценки существенно направление химических реакций термпревращений, изменение которого обусловлено каталитическим действием антипирена и, следовательно, его химической природой. Иногда в рецептуру включают специальные добавки, угнетающие дымообразование. Токсикологический показатель также зависит от типа антипирена.

Введение водорастворимых антипиренов в микроразрывы и клеточную стенку древесины может снижать прочность материалов из нее, повышать гидрофильность и отрицательно влиять на долговечность. Отсюда вытекает задача закрепления антипирена в структуру материала, вовлечения его в химическое взаимодействие. В том случае, когда древесный материал изготавливается горячим прессованием с использованием связующих веществ (фанера, древесно-стружечные и древесно-волоконистые плиты), антипирены обычно вводят в полуфабрикат, и тогда требуется исключить отрицательное влияние антипиренов на межслоевой эффект и на механизм развития структуры материала.

Для повышения огнестойкости древесины широко практикуют ее обработку специальными огне-

защитными составами — антипиренами. В этом случае огнезащита древесных материалов достигается путем введения в древесину необходимого количества химических веществ, способных при определенной концепции препятствовать ее горению без источника пламени.

Эффективность антипиренов применительно к конкретному материалу определяется уровнем их огнезащитающей способности, способности подавлять дымообразование и снижать токсичность продуктов термического разложения материала, а также необходимыми технологическими и эксплуатационными свойствами и, что особенно важно, доступностью и соответствующими экономическими показателями.

Огнезащитное действие антипиренов обусловлено сочетанием различных физико-химических процессов, происходящих при воздействии огня на древесину. Оно базируется как на плавлении легкоплавких веществ, входящих в их состав (солей борной, фосфорной или кремниевой кислот), так и на разложении веществ, которые выделяют газы, не поддерживающие горение (аммиак, сернистый газ). В первом случае при нагревании древесины образуется оплавленная пленка, ограничивающая доступ кислорода к поверхности. В результате — часть тепла расходуется на плавление антипиренов, что приводит к повышению температуры воспламенения древесины, и, следовательно, к ее защите. Во втором случае при разложении солей выделяются негорючие газы, которые оттесняют кислород с поверхности древесины, разбавляют выделяющиеся с поверхности горючие газы и, таким образом, препятствуют горению.

Все это приводит к подавлению процессов воспламенения древесины и замедлению распространения пламени по поверхности деревянной конструкции, что и является целью огнезащиты.

Средства, применяемые для огнезащиты древесины, условно можно разделить на огнезащитные покрытия (лаки, краски, пасты, обмазки) и огнезащитные пропиточные составы (пропитки).

Огнезащитные покрытия, как правило, ухудшают декоративные свойства древесины и используются преимущественно для защиты непросматриваемых конструкций. В отличие от покрытий

пропиточные составы, как правило, сохраняют текстуру и природную красоту древесины, и поэтому находят более универсальное применение.

Огнезащитные пропитки делят на водо- и органорастворимые. Органорастворимые препараты требуют использования опасных и горючих растворителей. По этой причине они значительно уступают по популярности водорастворимым огнезащитным составам, лишенным этих недостатков.

Среди органорастворимых огнезащитных составов широкую известность получили соединения, имеющие в своем составе атомы фосфата и галогенов. Из водорастворимых огнезащитных средств наиболее известны, например, пропитки, в состав которых входят соли фосфорной кислоты (диаммоний фосфат, моноаммоний фосфат и т.д.). Подобные средства вот уже более 100 лет применяют в качестве антипиренов, как в чистом виде, так и в смеси с другими солями.

Диаммоний фосфат обычно используют в смеси с сульфатом аммония. При нагревании такой смеси выделяется аммиак и образуются оксиды фосфора, покрывающие древесину защитной пленкой.

Хорошим антипиреном является также смесь фосфата натрия с сульфатом аммония. В качестве антипирена может быть использована и смесь буры с борной кислотой. Такой состав не окрашивает древесину и обладает прекрасной проникающей способностью.

Одним из радикальных путей увеличения долговечности древесины служит ее модифицирование. Модифицированная древесина является композиционным материалом с комплексом заданных свойств, которые обеспечиваются параметрами модификаторов, технологией пропитки и отверждения.

Химическая огнезащита сводится к введению в древесину веществ, которые направленно изменяют ее термическое разложение в сторону увеличения выхода коксового остатка, что сопровождается уменьшением выхода горючих газовых продуктов по схеме: *термическое разложение* → *горючие продукты* → *горение древесины* → *негорючие продукты*.

Применение метода химической модификации древесины позволяет существенно снижать ее воспламеняемость и горючесть при сохранении эксплуатационных характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Леонович, А. А.** Химический подход к проблеме снижения пожароопасности древесных материалов / А. А. Леонович // Пожаровзрывобезопасность. — 1996. — Т. 5, № 1. — С. 10–14.
2. **Егоров, Б. С.** Исследование процесса обугливания антипирированной древесины и оценка качества огнезащиты по электросопротивлению обугленных остатков / Б. С. Егоров, И. Д. Чешко, А. А. Леонович // Пожаровзрывобезопасность. — 1994. — Т. 3, № 1. — С. 15–18.
3. **Покровская, Е. Н.** Химико-физические основы увеличения долговечности древесины / Е. Н. Покровская. — М.: АСВ, 2003. — 110 с.

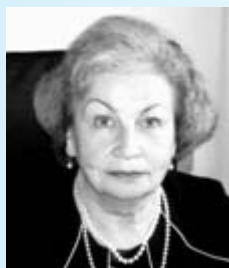
Поступила в редакцию 28.01.08.



Магистрант кафедры ТППМ и ИК
Московского государственного
университета дизайна
и технологии (МГУДТ)
О. Е. Воронцова



Канд. техн. наук,
доцент кафедры
ТППМ и ИК МГУДТ
Л. Л. Гайдарова



Д-р хим. наук, профессор,
заведующая кафедрой
ТППМ и ИК МГУДТ
Г. П. Андрианова



Канд. техн. наук,
старший преподаватель
кафедры высшей математики
Академии ГПС МЧС РФ
О. А. Фомина

УДК 675.92.04.

ВЛИЯНИЕ ПИГМЕНТОВ НА ПОЖАРООПАСНОСТЬ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНОГО ПОКРЫТИЯ ОБИВОЧНОЙ ИСКУССТВЕННОЙ КОЖИ

Исследовано влияние пигментов различной химической природы на термостойкость, горючесть и дымообразование поливинилхлоридного покрытия искусственной кожи. Показано, что все пигменты обладают более или менее выраженным антипиреирующим эффектом, зависящим как от химического состава пигмента, так и его концентрации в полимерной композиции. Наименее горючи образцы, окрашенные бордо периленовым и милори, наиболее пожароопасны — с железистооксидным пигментом.

Искусственные кожи для обивки салонов средств транспорта выпускаются в широкой цветовой гамме с использованием пигментов различной химической природы. Однако при разработке композиций для полимерных слоев искусственной кожи, снижающих ее пожароопасность, роль пигментов не учитывается. В ранее проведенных исследованиях [1, 2] было показано влияние ряда неорганических пигментов, относящихся к оксидам металлов, на термостойкость и горючесть поливинилхлоридных (ПВХ) покрытий искусственной кожи. В данной работе круг исследуемых красящих веществ существенно расширен — наряду с неорганическими пигментами различной химической природы использованы органические (табл. 1).

Пленки, моделирующие покрытие искусственной кожи, получали на основе ПВХ ЕП-6602С, пластифицированного диоктилфталатом, с введением 2,5; 5 и 7 мас. ч. пигментов на 100 мас. ч. полимера, что соответствует диапазону их концентраций в реальных ПВХ покрытиях искусственных кож.

Важной характеристикой, влияющей на горючесть полимерного материала, является его термостойкость, поэтому оценивали роль пигментов в деструкции ПВХ пленок при нагревании. Анализ проводили методом термогравиметрии на приборе TGA Q500 в диапазоне температур от 20 до 500°C.

Горючесть пленок исследовали в режиме самовоспламенения, при котором пламя горелки нахо-

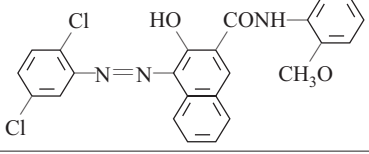
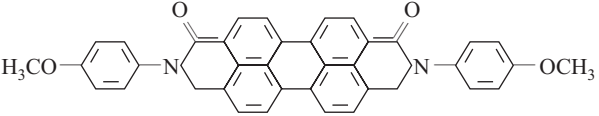
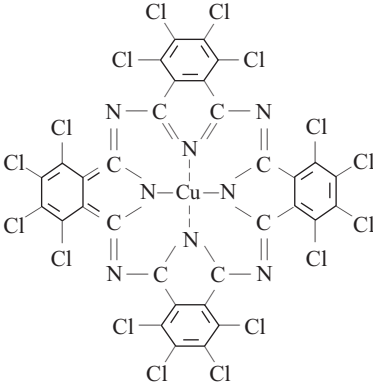
дилось на расстоянии 2 см от поверхности образца, закрепленного горизонтально в специальной рамке. Определяли время индукции τ_{ind} до начала самовозгорания пленки, потерю массы при горении Δm , цвет и количество дыма — визуально.

На рисунке в качестве примера представлена термограмма, полученная в результате термогравиметрического анализа ПВХ пленки, пигментированной 5 мас. ч. кроны свинцового оранжевого. Термограмма показывает степень снижения массы образца при нагревании (%) и скорость уменьшения массы (%/С). Из термограммы следует, что деструкция образца происходит ступенчато. Максимальная скорость падения массы фиксируется при 278°C (I ступень) и при 484°C (II ступень).

Аналогичные термограммы были получены для остальных пленок. Результаты обработки термограмм представлены в табл. 2, где T_I и T_{II} — температура максимальной скорости деструкции соответственно на I и II ступенях; T_{20} и T_{50} — температура потери 20 и 50% массы образца; V_{maxI} — максимальной скоростью деструкции на I ступени.

Анализ табл. 2 показывает, что пигменты по-разному влияют на процесс деструкции ПВХ. В наибольшей степени термостойкость снижает пигмент КЖ: в сравнении с непигментированной пленкой T_I уменьшается на 56 град., а потеря 20 и 50% массы происходит при температуре на 20–23 град. ниже.

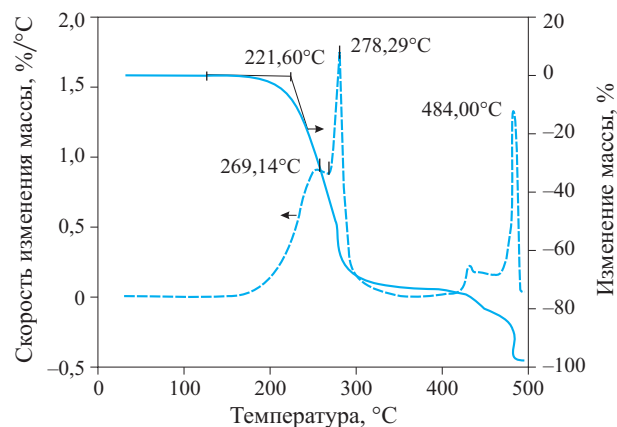
Таблица 1. Химические формулы используемых пигментов

Название пигмента	Химическая формула пигмента
Титановые белила (ТБ)	TiO_2
Цинковые белила (ЦБ)	ZnO
Красный железоксидный (КЖ)	Fe_2O_3
Крон свинцовый оранжевый (КСО)	$\text{PbCrO}_4 \cdot \text{PbO}$
Милори	$\text{K}_x \text{Fe}_y [\text{Fe}(\text{CN})_6]_z \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Ярко-красный 4Ж (4Ж)	
Бордо периленовый (БП)	
Зеленый фталоцианиновый (ЗФ)	

Пигмент 4Ж снижает T_1 на 21 град., образец с данным пигментом отличается максимальной скоростью деструкции на I ступени. Наиболее медленно разлагается пленка, содержащая пигмент милори, а довольно низкое значение T_1 может быть обусловлено удалением воды. Практически не ухудшают термостойкость ПВХ пигменты ТБ, ЦБ, КСО, ЗФ, а пленка с БП отличается сочетанием пониженной

скорости деструкции с высокими значениями остатальных характеристик термостойкости.

В табл. 3 представлены результаты исследования горючести пленок. Можно отметить, что все пигменты положительно влияют на снижение горючести пластифицированного ПВХ. Непигментированный образец сгорел полностью, тогда как пигментированные пленки оказались самозатухающими.



Термограмма ПВХ пленки, пигментированной кроном свинцовым оранжевым

Таблица 2. Характеристики термостойкости ПВХ пленок

Пигмент	$T_1, ^\circ\text{C}$	$V_{\text{max}}, \%/^\circ\text{C}$	$T_{11}, ^\circ\text{C}$	$T_{20}, ^\circ\text{C}$	$T_{50}, ^\circ\text{C}$
—	280	1,6	434	247	276
ТБ	279	1,6	421	248	278
ЦБ	273	1,4	432	242	269
КЖ	224	1,4	461	227	253
КСО	278	1,7	484	243	275
Милори	246	1,2	474	238	268
4Ж	259	2,1	437	247	264
БП	281	1,4	428	248	279
ЗФ	278	1,3	423	245	276

Таблица 3. Влияние пигментов на горючесть ПВХ пленок

Пигмент	Δm , %, при содержании пигмента в пленке, мас. ч.			$t_{\text{инд}}$, с, при содержании пигмента в пленке, мас. ч.		
	2,5	5	7	2,5	5	7
ТБ	2,6	14,3	26,5	8	6	5
ЦБ	9,7	18,9	21,5	15	10	6
КЖ	75,3	65,2	26,0	7	12	17
КСО	23,9	18,7	8,4	8	13	18
Милори	17,3	16,3	6,7	13	21	25
4Ж	4,3	12,5	14,3	22	12	6
БП	17,2	8,9	3,4	8	18	34
3Ф	32,7	27,5	16,2	5	7	9
–	100			6		

ми даже без использования антипирена. Данные табл. 3 демонстрируют, что на горючесть образцов влияет не только химический состав пигмента, но и его концентрация в пленке. Так, при увеличении со-

держания пигментов ТБ, ЦБ, 4Ж потеря массы образцов при горении увеличивается, а время индукции до самовозгорания уменьшается. Для остальных пигментов наблюдается обратная зависимость.

Следует отметить влияние пигментов на дымообразование. Непигментированный образец горел с выделением большого количества черного дыма. При горении пленок, содержащих пигменты, наблюдался только белый дым, причем наименьшее его количество выделялось из образцов с БП и милори.

В результате проведенных исследований установлено, что все использованные пигменты обладают более или менее выраженным антипиренным эффектом, зависящим как от химического состава пигмента, так и его концентрации в полимерной композиции.

Данный факт следует учитывать при разработке рецептов цветных ПВХ покрытий искусственной кожи пониженной пожароопасности и проводить соответствующую корректировку состава антипиренной группы в зависимости от применяемых пигментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Фомина, О. А.** Влияние пигментов на термостойкость и горючесть поливинилхлоридных пленок, содержащих различные антипирены / О. А. Фомина, Г. П. Андрианова, Л. Л. Гайдарова // Пожаровзрывобезопасность. — 1998. — Т. 7, № 2. — С. 26–28.
2. **Фомина, О. А.** Программированный расчет рецептур для ПВХ покрытий пониженной горючести / О. А. Фомина, А. А. Таранцев, Л. Л. Гайдарова [и др.] // Кожевенно-обувная промышленность. — 1999. — № 4. — С. 36–37.

Поступила в редакцию 22.11.07.



Канд. техн. наук, доцент,
Московский государственный
строительный университет
Д. В. Трушкин

Московский государственный
строительный университет
О. Н. Корольченко

Канд. хим. наук, доцент,
Московский государственный
строительный университет
Т. Г. Бельцова

УДК 614.841.3:620.197.6

ГОРЮЧЕСТЬ ДРЕВЕСИНЫ, ОБРАБОТАННОЙ ОГНЕЗАЩИТНЫМИ СОСТАВАМИ

Рассмотрен механизм горения древесины, заключающийся в предварительном прогреве, термическом разложении, выделении горючих продуктов термического разложения и их зажигания внешним источником. Приведена модель горения древесины. Описан механизм огнезащиты древесины методами пропитки антипиримирующими составами и нанесения на поверхность огнезащитных покрытий. Представлены результаты экспериментов по изучению влияния средств огнезащиты на горючесть древесины. Установлено, что эффект обработки древесины огнезащитными составами проявляется в снижении тепловыделения, уменьшении времени горения и потери массы в процессе горения. При этом огнезащитные составы либо не влияют на группу горючести, оставляя древесину в группе Г4 — сильногорючих материалов, либо снижают группу горючести до Г3 — нормальногорючих материалов.

Механизм горения древесины

Горению древесины предшествует стадия разложения и газификации твердой фазы. Горение начинается в результате воспламенения летучих горючих продуктов термического разложения внешним источником зажигания или при их самовоспламенении. Процесс горения иллюстрируется следующей схемой (рис. 1):

зона без реакции — зона прогрева твердой фазы, толщина этой зоны в зависимости от условий теплообмена составляет 3–5 мм;

зона термического разложения — реакционная зона в конденсированной фазе, в которой происходит разложение целлюлозы и лигнина на летучие горючие продукты;

предпламенная зона в газовой фазе, в которой низкомолекулярные летучие продукты термического разложения дополнительно разлагаются, здесь же начинается процесс воспламенения;

зона пламени (или реакционная зона) в газовой фазе, где протекают основные реакции окисления, выделяется основная часть тепла и наблюдается максимальная температура;

зона продуктов сгорания, в ней присутствуют продукты полного (CO_2 и пары воды) и неполного (CO , предельные и непредельные углеводороды различного химического строения, сажа) сгорания древесины.

Таким образом, характерной особенностью воспламенения и горения древесины является многостадийный процесс превращения целлюлозы и лигнина в продукты сгорания. Этот процесс включает в себя следующие стадии:

- поглощение древесиной тепловой энергии от источника зажигания;
- разложение твердой фазы с образованием летучих продуктов и карбонизированного остатка;
- воспламенение летучих горючих продуктов термического разложения;
- горение образующихся летучих горючих продуктов термического разложения.

При термическом разложении древесины образуются негорючие и горючие летучие продукты. К негорючим относятся пары воды, диоксид углерода и азот. В качестве горючих продуктов выделяются оксид углерода, водород, насыщенные и ненасыщенные углеводороды, альдегиды, спирты, кетоны и другие органические соединения. Состав выделяющихся газов изменяется с ростом температуры. При 200°C из древесины выделяются CO_2 и

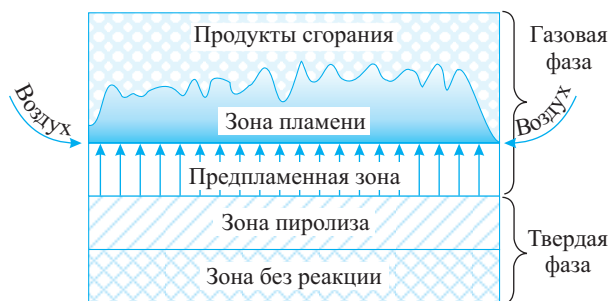


Рис. 1. Модель горения древесины

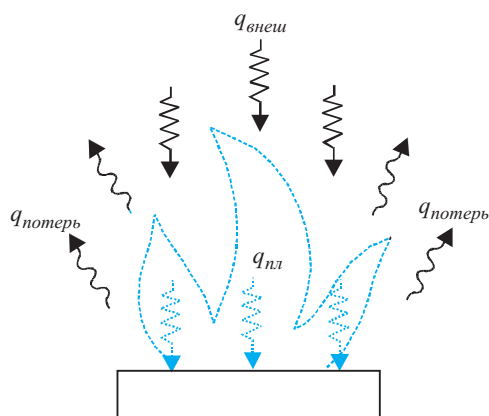


Рис. 2. Схема тепловых потоков, действующих на поверхность древесины при горении [1]

СО (в соотношении 3:1), при 300°C — CO₂, СО и CH₄, при 400–700°C — CO₂, СО, CH₂, H₂, низшие углеводороды.

Преобладание в летучих продуктах термического разложения древесины горючих компонентов начинается при температурах 230–250°C, при которых в случае наличия источника зажигания происходит воспламенение.

После воспламенения смеси летучих горючих продуктов термического разложения древесины с кислородом воздуха возникает пламенное горение. Выделяющееся при этом тепло частично рассеивается в окружающее пространство, а частично расходуется на термическую деструкцию новых слоев древесины (рис. 2).

Математически условие развития устойчивого горения выражается соотношением:

$$q_{\text{внеш}} + q_{\text{пл}} > q_{\text{потерь}},$$

где $q_{\text{внеш}}$ — тепловой поток от внешних источников (при развивающемся пожаре);

$q_{\text{пл}}$ — тепловой поток от пламени к поверхности древесины;

$q_{\text{потерь}}$ — тепловой поток, рассеивающийся из зоны горения в окружающую среду.

Если приведенное выше соотношение не выполняется, то наблюдается прекращение горения.

Механизм огнезащиты древесины

Из рассмотрения физико-химических особенностей процессов воспламенения и горения древесины следует, что необходимым условием продолжения горения является поступление в зону пламени достаточных количеств горючих продуктов термического разложения: оксида углерода, водорода, низших углеводородов и др. Поэтому снижение горючести может быть достигнуто двумя путями:

- уменьшением прогрева поверхностных слоев древесины;
- изменением состава продуктов термического разложения в сторону образования негорючих малолетучих соединений или соединений, ингибирующих процесс горения.

Уменьшение прогрева поверхностных слоев древесины достигается нанесением эффективных обмазок, играющих роль теплового экрана, или так называемых вспучивающихся покрытий — химических композиций, которые под воздействием повышенных температур образуют на поверхности древесины пористый теплозащитный экран.

Снижение горючести при реализации второго способа обусловлено изменением кинетики химических превращений в твердой фазе, снижением скоростей реакций термического разложения, уменьшением эффективной энергии активации. Возможно также изменение направлений реакций в конденсированной фазе: при взаимодействии антипиренов с древесинным веществом образуются более термостойкие продукты. Эффективность химических активных огнезащитных композиций существенно повышается, если при их термическом разложении образуются соединения, ингибирующие процессы горения в газовой фазе.

Известно [2], что при нагреве до 170–250°C древесина проявляет себя как инертное вещество. Существенные тепловые эффекты в этой области температур отсутствуют. Максимальные экзотермические эффекты наблюдаются при 340 и 470°C.

Характер термических превращений практически не зависит от породы древесины. При 170°C начинаются экзотермические превращения, при ~300°C наблюдается интенсивное физическое разрушение. Этот процесс начинается в поверхностных слоях обугленной в процессе разложения древесины с появления небольших трещин, располагающихся поперек волокон. Из этих трещин летучие продукты, образующиеся во внутренних слоях, выходят на поверхность. В процессе нагрева степень обугливания и количество трещин возрастают, что сопровождается увеличением скорости выхода горючих продуктов термического разложения.

Введение в состав древесины антипиренов позволяет замедлить этот процесс. Например, обработка древесины фосфатами и боратами сдвигает процесс термического разложения в сторону увеличения образования угольного слоя и снижения выхода летучих горючих продуктов. Угольный слой, по мере его накопления, служит тепловой защитой для внутренних слоев древесины.

В теории огнезащиты древесины сформулированы три основных принципа снижения горючести.

Первый — *термодинамический* — заключается в изменении направления термического разложе-

ния целлюлозного материала в сторону увеличения выхода негорючих газов и снижения выхода горючих летучих продуктов. Второй — *кинетический* — предполагает снижение скорости реакции разложения древесины введенными антипиренами или продуктами их распада. При этом кинетика превращений в твердой фазе изменяется за счет расширения температурного интервала, изменения константы скорости реакции разложения и уменьшения энергии активации этой реакции. Третий — *тепловой* — предполагает создание огнезащитных покрытий, которые без вмешательства в химические процессы, происходящие в древесине при нагреве, затрудняют тепло- и массоперенос между факелом пламени и конденсированной фазой.

Реализация перечисленных принципов позволяет создавать эффективные огнезащитные композиции. Огнезащищенная древесина приобретает новые свойства. Она оказывается способной сопротивляться воспламенению не только в начальной стадии пожара, но и в процессе его развития. Длительное сохранение эффекта огнезащиты возможно, когда применяемые для этой цели составы поглощают тепло при разложении или вступают в химическое взаимодействие с компонентами древесины с образованием малогорючих соединений. Установлено [3, 4], что подобными свойствами обладают фосфор- и азотсодержащие антипирены. Их введение в состав древесины приводит к увеличению количества карбонизированного остатка и снижению вывода горючих летучих продуктов термического разложения.

Наибольшей огнезащитной эффективностью обладают композиции, обеспечивающие образование на поверхности древесины пористого теплоизолирующего слоя. Современные вспучивающиеся покрытия при термическом воздействии создают препятствие прогреву древесины тепловым потоком от факела пламени и распространению фронта горения.

Термическое разложение целлюлозы и лигнина, при котором невозможно пламенное горение древесины, должно протекать по реакции:

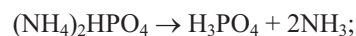


Такое направление реакции может достигаться при введении в состав древесины соединений фосфора и азота.

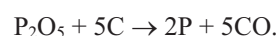
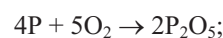
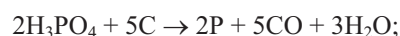
Неорганические фосфаты способны подавлять процесс горения. Их присутствие в огнезащитных композициях при нагреве древесины изменяет соотношение CO/CO_2 в пользу последнего. Под влиянием введенных в целлюлозосодержащий материал соединений фосфора меняется механизм термодеструкции.

Разложение начинается при более низких температурах с увеличением выхода угля и воды при снижении выхода горючих летучих продуктов.

В настоящее время предложено значительное количество составов для “кислото-фосфорилирования”, используемых в практике огнезащиты. Фосфорсодержащие антипирены при пиролизе катализируют процессы коксообразования и образования фосфорных кислот, что является важным условием карбонизации. Для диаммонийфосфата процесс образования фосфорных кислот протекает по схеме:



Образующиеся соединения пентавалентного фосфора эффективно подавляют процессы тления за счет окисления углерода в присутствии ортофосфорной кислоты:



Образующийся подобным образом карбонизированный слой обладает высокой термостабильностью.

Фосфорилирование древесины широко применяется при создании средств огнезащиты. Составы на основе фосфорной кислоты и мочевины, водные растворы фосфорной кислоты и цианамиды, ортофосфорной кислоты, мочевины, триполифосфата натрия, фосфорорганические соединения на основе эфиров фосфорной кислоты, фосфорной кислоты, аминов, солей аммония, амидофосфатов — примерный перечень средств огнезащиты древесины методом кислого фосфорилирования. Огнезащитные составы на основе ортофосфорной кислоты обладают достаточно высокой эффективностью и используются в качестве пропиток.

Влияние средств огнезащиты на горючесть древесины

Практическая реализация способов огнезащиты заключается в пропитке древесины огнезащитными составами, способствующими протеканию процессов ее дегидратации с минимальным выделением горючих газов и максимальным выходом угля, и нанесении на поверхность огнезащитных покрытий, обеспечивающих образование коксового слоя, предотвращение его тления и горения.

Для оценки влияния огнезащитных составов на горючесть древесины были проведены эксперименты с огнезащитными пропитками и покрытиями.

При определении группы горючести применяли образцы древесины, обработанные огнезащитными составами с расходами, рекомендованными производителями средств огнезащиты. Краткие характеристики использованных составов, декларируемые производителями, представлены в работе [5, табл. 1].

Определение группы горючести образцов огнезащищенной древесины

Определение группы горючести по ГОСТ 30244–94 огнезащищенных образцов древесины представляет собой значительную трудность, которая состоит в том, что п. 7.2.1 указанного стандарта

требует для проведения испытаний изготовление образцов длиной 1000 мм, шириной 190 мм, толщиной которых должна соответствовать толщине материала, применяемого в реальных условиях. При этом если толщина материала составляет более 70 мм, толщина образцов должна быть 70 мм. Вместе с тем очевидно, что при неполном сгорании образцов начальная масса может оказывать значительное влияние на конечный результат по ее потере.

Учитывая тот факт, что огнезащите, как правило, подвергаются образцы древесины различной толщины, которая может варьироваться в достаточно широком диапазоне, при определении группы

Результаты испытаний огнезащищенной древесины на установке “Шахтная печь” по ГОСТ 30244–94 (Метод II)

Огнезащитный состав (расход, г/м ²)	№ образца	Масса образца до испытания m ₀ , г	Максимальная температура продуктов горения T _{max} , °С	Среднее значение T _{max} , °С	Длина участка образца, поврежденного пламенем, ΔL, %	Продолжительность устойчивого горения τ _{сг} , с	Масса образца после испытания m _{ост} , г	Потеря массы Δm, %	Среднее значение Δm, %	Группа горючести
<i>Пропитки</i>										
Асфор (300)	1	1632	376	353	100	1810 — пламенное горение; 2700 — тление	860	47	49	Г4
	2	1560	336		100		778	50		
	3	1572	333		100		884	44		
	4	1906	368		100		850	55		
Асфор-Экстра (350)	1	1508	316	314	100	290	992	34	34	Г3
	2	1558	292		100		1032	34		
	3	1662	297		100		1038	36		
	4	1862	346		100		1240	33		
Пирилакс (280)	1	1940	349	313	100	200	1186	39	37	Г3
	2	1496	297		100		904	40		
	3	1646	295		100		1062	35		
	4	1972	312		100		1348	32		
Огракс ПД-1	1	3076	335	306	100	235	1458	30	28	Г3
	2	1642	285		100		1178	28		
	3	1588	271		100		1170	26		
	4	1690	313		100		1224	28		
<i>Покрытия</i>										
Негорин (350)	1	1552	331	313	100	565	938	30	34	Г4
	2	1710	294		100		1082	37		
	3	1602	294		100		1076	33		
	4	1780	333		100		1172	34		
Огракс В-СК (350)	1	1564	285	271	100	115	1256	20	19	Г3
	2	1620	251		100		1326	18		
	3	1620	252		100		1328	18		
	4	1548	295		100		1222	21		
СГК-1 (350)	1	1904	290	276	100	150	1510	21	20	Г3
	2	1964	259		100		1578	20		
	3	1672	261		100		1322	21		
	4	2072	295		100		1684	19		
ОЗК-45 Д (350)	1	1916	389	375	100	115	1010	47	52	Г3
	2	1576	346		100		708	55		
	3	1652	355		100		852	48		
	4	1922	409		100		814	58		
МПВО (700)	1	1720	343	319	100	260	1092	37	33	Г3
	2	2060	288		100		1454	29		
	3	1616	280		100		1078	33		
	4	1928	363		100		1276	34		

горючести огнезащищенных образцов древесины было принято решение использовать образцы такой минимальной толщины, при которой древесину можно считать термически толстой (модель полубесконечного тела), т.е. при которой дальнейшее увеличение толщины (до 70 мм) не приводит к существенному изменению процесса горения.

Согласно монографии [6] при нестационарном нагреве поверхности целесообразно применять модель полубесконечного тела, если

$$L > 2\sqrt{\alpha\tau},$$

где L — толщина образца, м;

α — температуропроводность сосны,

$$\alpha = 8,3 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с};$$

τ — время огневого воздействия, согласно п. 7.5.5 ГОСТ 30244–94 $\tau = 600$ с.

Таким образом, термически толстой древесина сосны становится при толщине

$$L > 2\sqrt{8,3 \cdot 10^{-8} \cdot 600} > 0,14 \text{ м.}$$

Для испытаний были выбраны образцы сосны толщиной 15 см, на которые наносились различные огнезащитные составы.

Экспериментальные данные по определению группы горючести приведены в таблице.

Обсуждение результатов

Полученные данные свидетельствуют о том, что обработка древесины огнезащитными составами Асфор (с расходом 300 г/м²) и Негорин (с расходом 350 г/м²) не влияет на группу горючести: обработанная древесина остается в группе Г4 — сильногорючих материалов.

В то же время обработка пропитками Асфор-Экстра (с расходом 350 г/м²), Пирилакс (с расходом 280 г/м²) и Огракс ПД-1 (с расходом 280 г/м²), а также покрытиями Огракс В-СК (с расходом

200 г/м²), СГК-1 (с расходом 900 г/м²), ОЗК-45 Д (с расходом 350 г/м²) и МПВО (с расходом 700 г/м²) переводит древесину в группу Г3 — нормальногорючих материалов.

Результаты показали, что для всех без исключения испытанных огнезащитных составов огнезащитный эффект проявляется в снижении тепловыделения (по сравнению с образцами незащищенной древесины). Для незащищенной древесины: $T_{\max} = 900\text{--}1000^\circ\text{C}$, $\Delta m = 90\text{--}95\%$, $\tau_{c_2} > 600$ с; для всех образцов с огнезащитными покрытиями: $T_{\max} = 271\text{--}376^\circ\text{C}$, $\Delta m = 20\text{--}52\%$, $\tau_{c_2} = 115\text{--}290$ с. Результаты по остаточному горению образцов, обработанных огнезащитным составом Негорин, учитывая данные по максимальной температуре дымовых газов и потере массы (см. таблицу), можно, по-видимому, объяснить неравномерным распределением огнезащитного состава по поверхности древесины.

Можно полагать, что дальнейшее снижение горючести древесины достигается увеличением расхода огнезащитных составов.

Обращает на себя внимание, что во всех без исключения опытах распространение пламени происходило по всей длине образца (графа 6 таблицы).

С учетом особенностей проведения экспериментов, заключающихся в использовании вертикально ориентированных образцов, воздействию пламени газовой горелки на нижнюю часть образцов и распространении пламени снизу вверх (по направлению конвективных тепловых потоков), можно констатировать, что обработка огнезащитными составами вертикально ориентированных конструкций из древесины не обеспечивает нераспространение по ним пламени. Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании систем огнезащиты в зданиях, где в момент возникновения пожара возможно присутствие людей.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Корольченко, А. Я.** Пожарная опасность строительных материалов / А. Я. Корольченко, Д. В. Трушкин. — М.: Пожнаука, 2005. — 232 с.
2. **Баратов, А. Н.** Пожарная опасность строительных материалов / А. Н. Баратов, Р. А. Андрианов, А. Я. Корольченко [и др.] — М.: Стройиздат, 1998. — 380 с.
3. **Williams, F.** Chemical kinetics of pyrolysis / F. Williams // Heat Transfer Fires. Thermophys., Social Aspects Ecom. Impact Washington, 1974. — P. 191–237.
4. **Evans, D. D.** Combustion of Wood Charcoal / D. D. Evans, H. W. Emmons // Fire Res. — 1977. — № 1. — P. 57–66.
5. **Корольченко, О. Н.** Дымообразование при горении огнезащищенной древесины / О. Н. Корольченко // Пожаровзрывобезопасность. — 2008. — Т. 17, № 1. — С. 20–22.
6. **Драздейл, Д.** Введение в динамику пожаров / Д. Драздейл. — М.: Стройиздат, 1990. — 326 с.

Поступила в редакцию 17.01.08.



Д-р техн. наук, профессор
Московского государственного
строительного университета
В. В. Холщевников

УДК 814.641

ВЛИЯНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ПУНКТОВ ДОСТУПА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ-КОМПЛЕКСОВ

Приведены закономерности временной динамики посещаемости городским населением объектов разных классов функциональной пожарной опасности в зданиях многофункциональных комплексов, выявленные специальными исследованиями, малоизвестными широкому кругу специалистов, проектирующих их системы комплексной безопасности, в частности системы доступа. Отсутствие необходимых исходных данных ведет к неэффективным проектным решениям, корректировка которых при эксплуатации требует значительных экономических и организационных затрат или практически невозможна.

Повышение безопасности крупнейших общественных зданий и сооружений потребовало сегодня организации зон контроля доступа в них. При нормальных условиях эксплуатации зданий контроль доступа в них имеет целью “обнаружение условий и факторов, способствующих реализации угроз (в частности, пожара, взрыва), в том числе террористического характера” [1, с. 8, 41]. Зоны включают в свой состав посты сотрудников сил безопасности или контрольно-пропускные пункты, средства досмотра (различной сложности: “металлообнаруживатели, радиационные мониторы, рентгеновские установки, обнаруживатели взрывчатых веществ” [2, приложение 16.1]), пропускные устройства блокирующего типа, обеспечивающие шлюзование проходящих лиц, и площади ожидания людей в очереди на проход. Очереди на проход образуются в тех случаях, когда пропускная способность постов досмотра ниже величины потока проходящих через них людей, и наиболее вероятны “в периоды пиковых нагрузок”. Ни величины, ни периоды пиковых нагрузок в нормативных документах на проектирование зданий различного функционального назначения не приводятся, а попытки воспользоваться для их определения данными транспортных обследований пассажиропотоков могут привести, как показывает практика, к ошибочным результатам. Последствия таких ошибок особенно существенны при проектировании многофункциональных зданий-комплексов с большим

сосредоточением людей, примером которых могут служить высотные здания.

Помещения или группы помещений, функционально связанные между собой, в зависимости от способа их использования в суточном цикле эксплуатации многофункционального комплекса могут быть подразделены на четыре группы, каждой из которых соответствует характерный вид аккумуляции и движения людских потоков. Такая классификация представлена в табл. 1.

Классификационные признаки, использованные в табл. 1, дают возможность легко проследить связь приведенных групп помещений с классификацией зданий и частей зданий по функциональной пожарной опасности в п. 5.21 СНИП 21–01 [3].

Части здания и помещения с учреждениями **группы I** являются основными для высотных зданий деловых центров, например ММДЦ “Москва–Сити”. В них формируются людские потоки с ярко выраженными пиками во времени. Распределения во времени численности потоков на вход и выход, полученные по данным отечественных ([4], рис. 1) и зарубежных ([5], рис. 2) исследователей, имеют идентичный характер.

Как показывают графики рис. 1 и 2, для рассматриваемых объектов характерны два максимальных пика: утренний пик на вход перед началом рабочего дня и вечерний пик на выход в его конце. Между ними имеется “всплеск” потоков на вход – выход в обеденные часы. Для России утренний пик более

Таблица 1. Классификация функциональных блоков

Группа	Способ использования в суточном цикле функционирования	Функциональные виды помещений	Характер аккумуляции и движения людских потоков
I	Используются непрерывно определенный период в течение суток; постоянный в основном контингент людей, знакомый с планировкой здания или функционального блока	Учреждения управления, научные и проектные организации, учебные и промышленные подразделения	С ярко выраженными пиками на вход и выход; относительные пики в определенные часы, состав участников потока в основном постоянный
II	Используются непрерывно в течение определенного периода суток; основной контингент — посетители, число которых значительно превосходит численность постоянного персонала; знакомство основного контингента с планировкой — поверхностное	Предприятия по обслуживанию населения: торговли, общественного питания, поликлиники и амбулатории; бытового и коммунального обслуживания; физкультурно-оздоровительные центры	Непрерывный, но неравномерный людской поток с переменным составом участников
III	Массовое пребывание людей в определенные периоды суток; число мест для посетителей ограничено; знакомство с планировкой — ограниченное	Учреждения зрелищные, развлекательные, отдыха, культурно-просветительные	При числе представлений более трех людской поток — циклический, при меньшем числе представлений — эпизодический; переменный состав участников потоков
IV	Пребывание людей в течение короткого периода; степень знакомства с планировкой зависит от того, работают ли люди в этом здании или как часто им пользуются	Пассажирского и индивидуального транспорта	Зависит от режима работы обслуживаемых учреждений и качества функционирования транспортной системы города

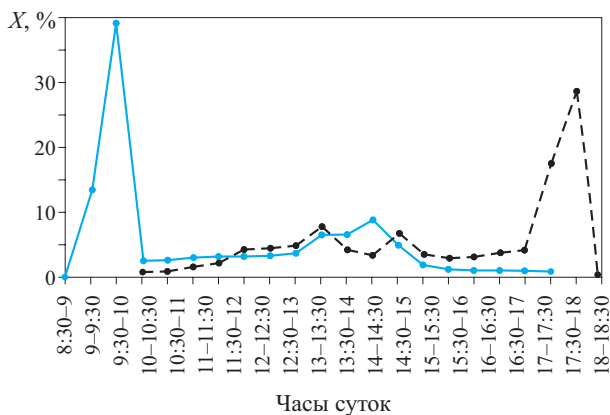


Рис. 1. Динамика движения людских потоков на вход (—) и выход (---) из зданий крупных проектных организаций в г. Москве в течение периода их функционирования (Величина потока X на графике — это отношение количества людей $N_{\Delta t}$, проходящих за интервал времени Δt , к общему количеству людей N , проходящих за суточный период функционирования здания, выраженное в процентах)

компактен по времени, поэтому его экстремальное значение больше, чем у вечернего пика на выход. Для таких учреждений в зарубежных странах максимальное значение людских потоков приходится на вечерний пик на выход (сотрудники не любят задерживаться на работе). Несколько отличается и структура утреннего пика на вход. Для зарубежных учреждений характерен “заблаговременный” при-

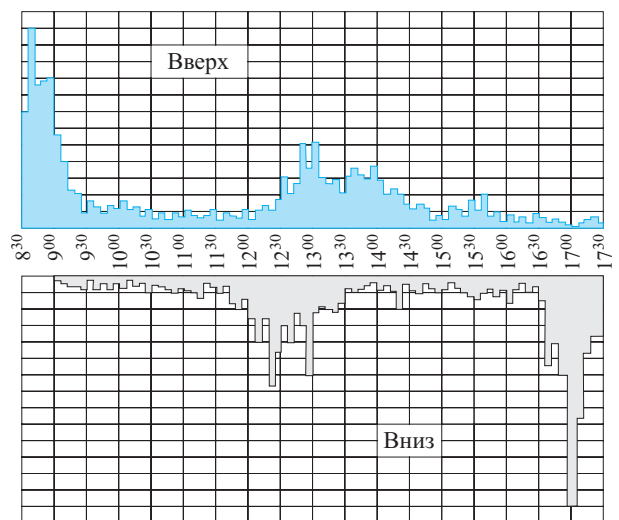


Рис. 2. Динамика людского потока на вход и выход из зданий крупных учреждений управления (пятиминутные пассажиропотоки в лифтах)

ход сотрудников, у нас — “впритык” ко времени начала работы. Приход людей в учреждениях этого типа начинается за 30–40 мин до начала рабочего дня.

По данным отечественных исследований, количество перемещений на вход в зданиях административно-управленческих учреждений, научно-исследовательских и проектных организаций в расчете на одного сотрудника составляет 1,57. Поэтому в

течение рабочего дня мощность людского потока на вход $N_{вх,р.д}$ в зданиях данных учреждений может быть определена по формуле:

$$N_{вх,р.д} = 1,57N_{сот}K_{сн}, \text{ чел.}, \quad (1)$$

где $N_{сот}$ — списочное (штатное) число сотрудников, чел.;

$K_{сн}$ — коэффициент, учитывающий уменьшение списочного количества сотрудников за счет отпусков, командировок, болезней.

По данным ЦСУ г. Москвы $K_{сн} = 0,86$. С учетом этого значения формула (1) может быть записана в более компактной форме:

$$N_{вх,р.д} = 1,35N_{сот}, \text{ чел.} \quad (2)$$

Согласно п.14.21 МГСН 4.19–2005 [2]: “При определении параметров путей эвакуации расчетное количество людей в здании или помещении необходимо увеличивать против проектной вместимости в 1,25 раза (за исключением зрелищных и других помещений с регламентируемым количеством мест)”. Очевидно, чтобы эвакуироваться из здания людям прежде нужно войти в него, поэтому расчетное количество людей, входящих в здание учреждений типа I в течение рабочего дня, следует определять с учетом этого коэффициента, т.е. по формуле:

$$N_{вх,р.д} = 1,7N_{сот}, \text{ чел.} \quad (3)$$

По данным обследований на утренний пик приходится до 50% входов в течение рабочего дня:

$$N_{вх,пик}^P = 0,85N_{сот}, \text{ чел.} \quad (4)$$

Это говорит о том, что если в организации имеются собственные данные о ежедневном выходе на работу ее сотрудников, то ими правомерно пользоваться в качестве расчетных при применении формулы (4). Очевидно, что в результате будет определено повседневное явочное число сотрудников $N_{яв} = N_{сот}K_{яв}$, чел., т.е.

$$N_{вх,пик}^P = N_{яв} = N_{сот}K_{яв}, \text{ чел.} \quad (4a)$$

Соотношение (4a) достаточно очевидно: все люди, которые должны прийти на рабочие места, приходят в утренний час пик.

Однако интенсивность прихода людей в течение утреннего часа пик неравномерна. При расчетах вертикального транспорта для определения расчетной нагрузки выделяются пятиминутные интервалы и устанавливается интенсивность людского потока для каждого из них. В качестве расчетного

берется максимальный пятиминутный пассажиропоток, который выражается в процентах от общего числа людей в час пик. Его величина колеблется от 12 до 20%. Целесообразно использовать максимальное значение в этом интервале. Тогда максимальное число людей для учреждений типа I, подходящих к пункту досмотра в течение 5 мин (пятиминутная мощность людского потока), составит:

$$N_{дос,5} = N_{вх,пик}^P = 0,17N_{сот}, \text{ чел.}, \quad (5)$$

а в течение 1 мин (величина людского потока) —

$$P_{дос,1} = 0,034N_{сот}, \text{ чел./мин.} \quad (5a)$$

При пропускной способности устройств зоны досмотра $P_{дос} \geq P_{дос}$ задержки людей перед точкой досмотра не будет, их проход через нее будет беспрепятственным. Необходимое количество m устройств при их индивидуальной пропускной способности $P_{i,дос}$, обеспечивающее беспрепятственный проход людей, определяется элементарно:

$$m = 0,034N_{сот}/P_{i,дос}. \quad (6)$$

При недостаточной пропускной способности устройств зоны досмотра перед ними происходит задержка входящего потока и образуется очередь из людей, ожидающих прохода.

Движение людских потоков на вход и выход в учреждениях **группы II** имеет относительно равномерный характер в течение их рабочего дня или один пиковый интервал, совпадающий, как правило, с часами окончания работы учреждений группы I (например, рис. 3).

В торговых учреждениях группы II динамика притока покупателей корреспондируется с товаро-

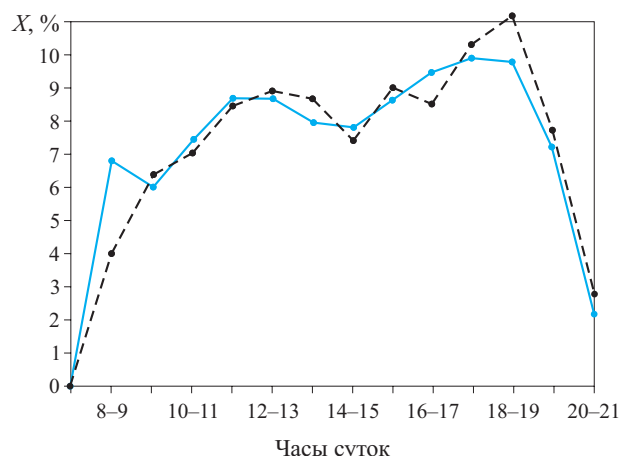


Рис. 3. Динамика входа (—) и выхода (---) людских потоков в здание городского главного почтамта в часы его работы для населения

оборотом предприятий. Состав этой группы очень разнообразен по типу учреждений и по значимости их услуг в балансе затрат времени различных групп населения. Указанные аспекты и определяют характерные особенности динамики их посещения населением в часы работы, что легко замечается при сравнительном анализе графиков “вход – выход” для соответствующих типов учреждений рассматриваемой группы, представленных на рис. 3–7.

Обращает на себя внимание тот факт, что пик посещаемости учреждений, предоставляющих услуги (товары) повседневного спроса и расположенные на пути движения людей от работы к дому, приходится на время окончания рабочего дня населения, занятого в учреждениях группы I, — это попутное обслуживание работающего населения. А учреждения, предоставляющие периодические услуги или находящиеся вне маршрутов повседневного цикла передвижения работающего населения, имеют пик посещаемости среди рабочего дня (ср. рынки (рис. 5) и гастрономы (рис. 6)). Однако в любом случае величина этих пиковых нагрузок по отношению к средней посещаемости в течение дня далеко не столь разительна, как в учреждениях группы I.

Среди учреждений группы II особый интерес представляет режим движения людских потоков в помещения и части здания учреждений общественного питания. Необходимость контроля доступа в зоны, занимаемые учреждениями группы I, заставляет подразделить предприятия общественного питания на две подгруппы: обслуживающие сотрудников учреждений группы I и их посетителей и работающие на город, т.е. обслуживающие тех людей, которые могут находиться в многофункциональном центре с культурно-бытовыми целями.

График максимальной загрузки предприятий первой подгруппы будет повторять динамику днев-

ного пика на выход для обслуживаемых учреждений группы I. Процесс движения людского потока на вход во второй из выделенных подгрупп предприятий общественного питания также характеризуется неравномерностью. Своего максимального

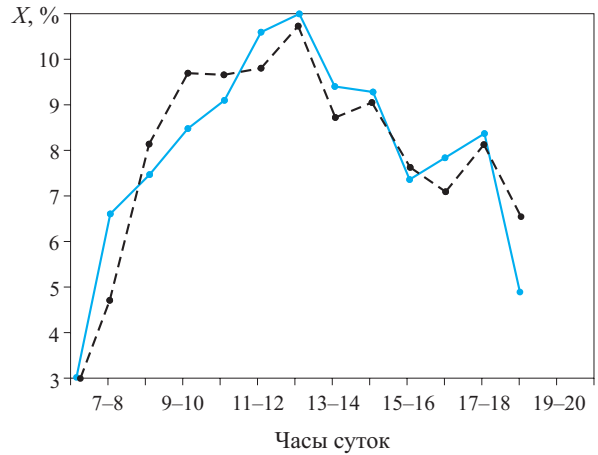


Рис. 5. Динамика входа (—) и выхода (---) потока покупателей на центральном рынке города

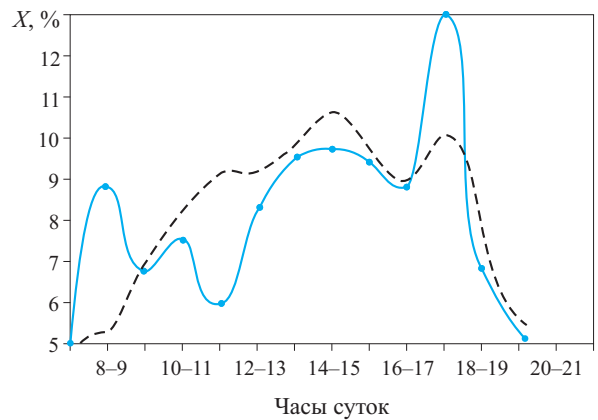


Рис. 6. Динамика людского потока (—) и товарооборота (---) в универсаме

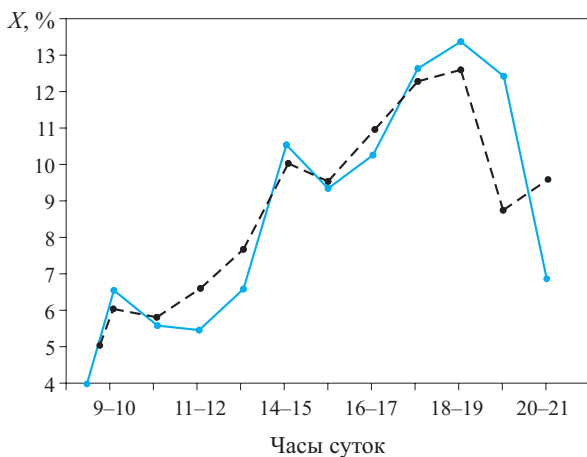


Рис. 4. Динамика входа (—) и выхода (---) людских потоков в один из центральных универсамов города

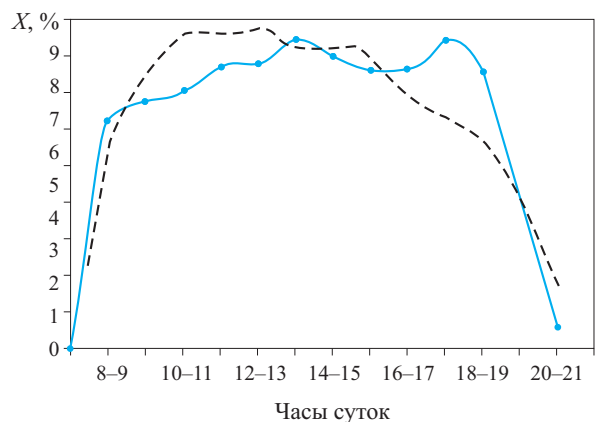


Рис. 7. Динамика людского потока (—) и товарооборота (---) в магазине промышленных товаров

значения (около 11%) он достигает обычно с 12 до 14 ч, затем постепенно уменьшается до 5–6% в 18–19 ч.

Среди предприятий общественного питания отдельную группу составляют учреждения, ориентированные на предоставление специализированных услуг отдыха и “свободного времяпрепровождения” — это рестораны, ночные клубы, бары, кафе достаточно высокого класса. Максимальный пик их нагрузки приходится на вечерние часы и в количественном выражении равен числу мест для посетителей.

При определении численности посетителей в других предприятиях группы II возможно пользоваться следующими достаточно проверенными длительной практикой соотношениями.

Максимальную часовую величину людского потока P , чел./ч, для предприятий группы II рекомендуется [4] определять по формуле:

$$P = Mz k_{сут} k_{год} / T, \quad (7)$$

где M — количество рабочих (посадочных) мест;
 z — расчетное количество посетителей на одно рабочее или посадочное место (устанавливается технологами);

$k_{сут}$ — коэффициент суточной неравномерности, принимаемый равным 1,3–1,8;

$k_{год}$ — коэффициент сезонной неравномерности, равный 1,1–1,2;

T — продолжительность работы, ч.

Характерной особенностью формирования потоков на вход для учреждений обслуживания населения группы II с “жестким” приемом посетителей является образование очередей и скоплений людей перед входами в их помещения и здания. Эти очереди создаются из заблаговременно пришедших людей, вынужденных ожидать начала приема. Ориентировочно количество людей L , ожидающих начала приема, определяется из соотношения:

$$L = 2 \div 3M, \text{ чел.}, \quad (8)$$

где M — количество рабочих мест учреждения обслуживания.

Помещения и зоны (здания) учреждений обслуживания **группы III** в зависимости от количества сеансов, которые проводятся в период их суточного функционирования как зрелищных учреждений, подразделяются с точки зрения аккумуляции людских потоков на две подгруппы.

Количество сеансов в помещениях первой подгруппы составляет 1–3 и число посетителей на каждом из них значительное. Характерно, что из-за исключительности проводимых мероприятий и большого зрительского интереса к ним приобрете-

ние билетов на их посещение производится заранее (за несколько дней), а официальная продажа на сеанс перед его началом около помещения, где он происходит, может отсутствовать. Но перед началом сеанса, как правило, перед входом образуется скопление людей (толпа), желающих перекупить билеты на сеанс или ожидающих членов своей компании, в составе которой они заранее договорились посетить это мероприятие. Максимальная величина скоплений наблюдается за 10–15 мин до начала представления и составляет 10–15% вместимости театральных и концертных залов, 5–7% — спортивно-зрелищных залов.

Вторую подгруппу составляют кинотеатры и клубы, в которых проводится от 4 до 8 сеансов в день. Приобретение билетов осуществляется перед началом сеансов, заранее или предварительно за сутки. Но в общем случае их продажа зависит от популярности кинофильма (или другого мероприятия), дня недели, времени суток и изменяется в широких пределах. Рост величины потока наблюдается после окончания рабочего дня (приблизительно в 16 ч). Из-за частоты сеансов движение людских потоков носит циклический характер.

Заполнение помещений, обслуживающих зрительный зал, имеет общий характер (рис. 8–10). Оно начинается заранее (в театрах и концертных залах, спортивно-зрелищных зданиях — за 60 мин до начала представления, в кинотеатрах — за 40–45 мин). Соответственно сдвинуты во времени и пики входящих потоков. В театры и концертные залы за 25–30 мин до начала приходит 25–30% людей, за 10–15 мин до представления процент заполнения составляет 65–70% вместимости зала. 15-минутный пик может быть более “растянутым” во времени при проведении спортивных мероприятий [6] и более “островершинным” в кинотеатрах. Процент опоздавших к началу представления достигает 5% (он выше в кинотеатрах).

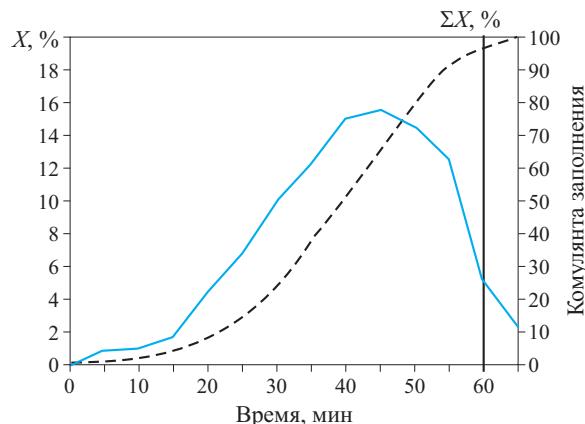


Рис. 8. Интенсивность прихода людей в здание театра за 60-минутный интервал до начала спектакля

Транспортные здания и сооружения (учреждения **группы IV**) являются промежуточным звеном в цепи передвижений людей к цели их посещения или назначения. Поэтому характер аккумуляции и генерации ими людских потоков разнообразен во времени, зависит от режима функционирования обслуживаемых ими учреждений, их размещения и других многочисленных и трудно учитываемых факторов. Математическое ожидание величины потока на рассматриваемый объект транспортного обслуживания (или из него) определяется как сумма произведений всех возможных значений случайной величины потока X_i с i -го направления на вероятность p_i ее значения, т.е. по формуле:

$$M[X] = \sum_{i=1}^m X_i^t p_i^t, \quad (9)$$

где X_i^t измеряется в % объема перевозок в рассматриваемый интервал времени t от суточного объема величины пассажиропотока по i -му направлению.

Положение частей зданий группы IV на контакте с коммуникационными системами города требует особого внимания к сбалансированности пропускных способностей зон досмотра и пешеходных путей и устройств внутреннего транспорта, контактирующих с городскими пешеходными и транспортными сетями (например, рис. 11). При этом необходимо учитывать распределение прибывающих пассажиров по видам транспорта. Например, с учетом общегородских закономерностей транспортного обслуживания населения города, общегородских многофункциональных комплексов, в том числе деловых центров, НИиПИ Генплана г. Москвы считает, что из общего количества пассажиров, прибывающих в утренний час пик на всех видах транспорта, в настоящее время 54% используют метрополитен.

Планировочное решение, приведенное на рис. 11, иллюстрирует наиболее распространенную последовательность звеньев цепи передвижений людей с городского транспорта по коммуникационным путям внутри здания (двери, участки горизонтальных путей, автоматические контрольно-пропускные пункты (АКП), эскалаторы, горизонтальные пути к пунктам доступа). Именно их пропускная способность и должна быть сбалансирована для обеспечения определенного уровня комфорта передвижения людей.

Исследования [7–9] показывают, что пропускная способность АКП (рис. 12) при активном и повышенной активности движения [10] зависит от плотности (следовательно, интенсивности) проходящего людского потока, но при плотностях более 2 чел./м² остается практически постоянной и не превосходит 20 чел./мин.

По данным натурных наблюдений, провозная способность эскалатора изменяется в зависимости

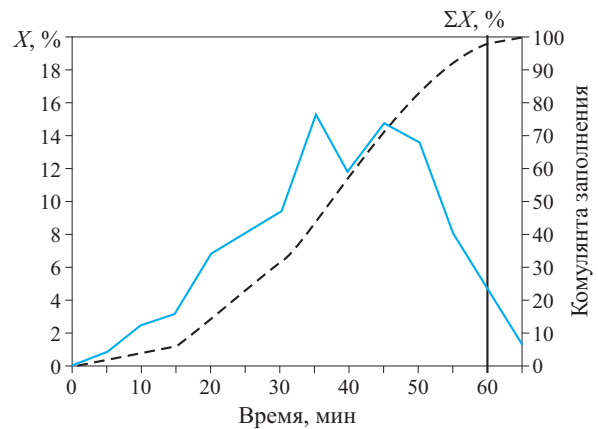


Рис. 9. Интенсивность прихода людей на спортивно-зрелищные мероприятия до их начала (60 мин)

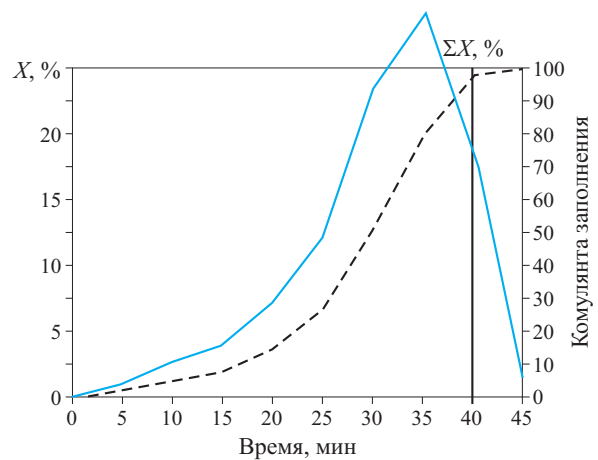
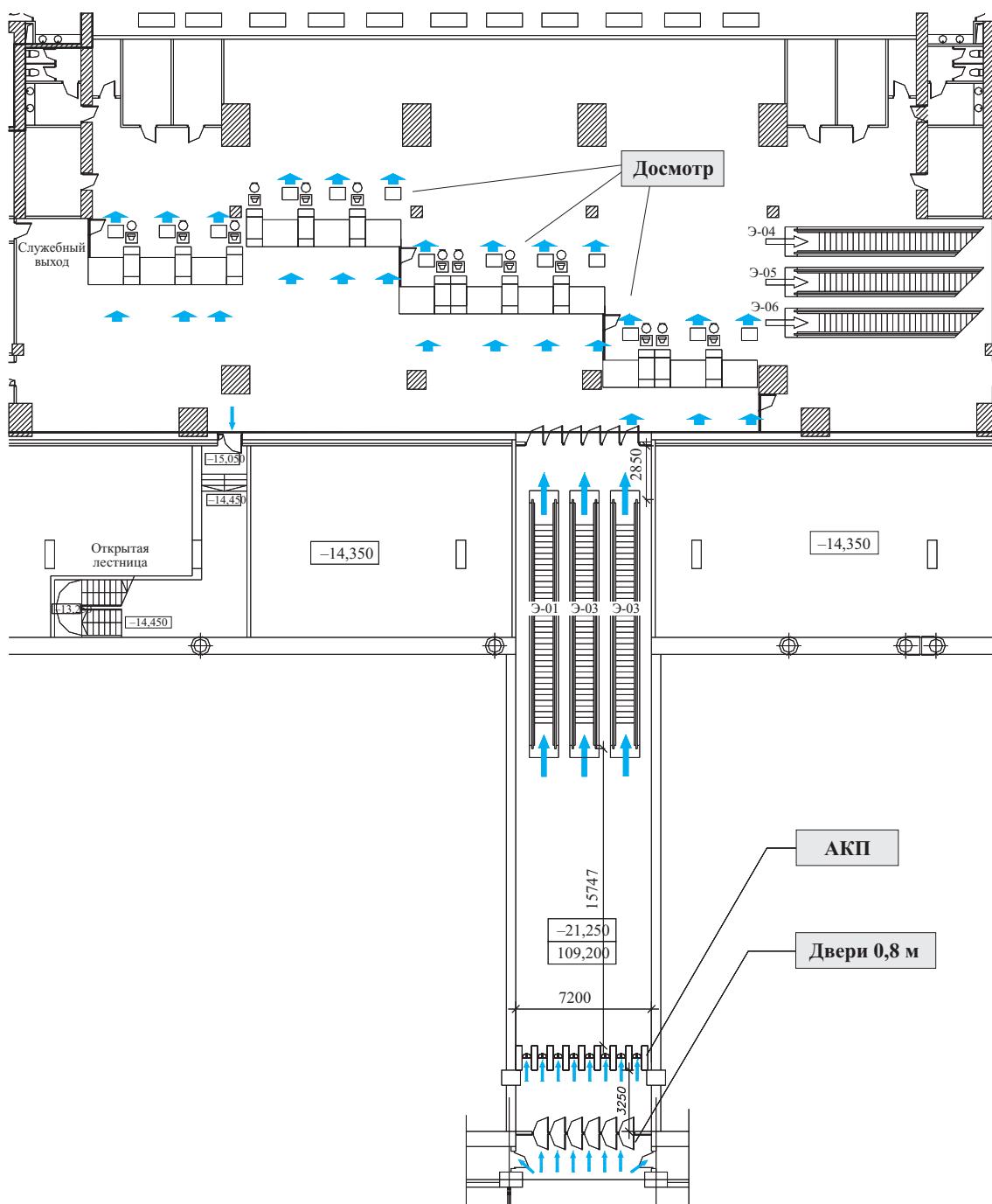


Рис. 10. Интенсивность прихода людей в здание кинотеатра за 40-минутный интервал времени до начала демонстрации кинофильма

от скорости движения полотна (рис. 13), достигая максимума при $V_э = 0,7$ м/с (42 м/мин).

Результаты натурных наблюдений [7, 8, 11, 12] показывают, что максимальное значение плотности потока в нормальных условиях не превосходит 5 чел./м² (люди останавливаются). Значения провозной способности эскалаторов малого и большого наклонов при такой плотности потока очень близки. Когда пропускная способность эскалатора меньше пропускной способности горизонтального участка пути перед ним (1-й участок на рис. 14), перед эскалатором образуется скопление людей. Оно начинает создаваться между направляющими (2-й участок) и распространяется в направлении, обратном движению. При переходе в портал эскалатора происходит разуплотнение потока, он, перестраивая свою структуру, продолжает движение с меньшей плотностью (в среднем 2,52 чел./м²) и, соответственно, с большей скоростью (42,4 м/мин) подходит к гребенке (4-й участок). Если скорость подхода человека к полотну эскалатора и скорость



Вход – выход из вестибюля метро

Рис. 11. Контакт зоны досмотра многофункционального высотного здания-комплекса со станцией метрополитена

движения эскалатора V , близки, то переход через гребенку происходит без задержки. При скорости эскалаторного полотна $0,7 \text{ м/с}$ (42 м/мин) это различие минимально, что и обеспечивает максимальную провозную способность. Провозная способность эскалатора Q , может быть определена по формуле:

$$Q = 400[19,6 - 0,028(V - 42,37)^2], \text{ чел./ч.} \quad (10)$$

Пропускная способность пешеходных путей и провозная способность средств внутреннего транс-

порта зданий и сооружений исследовались неоднократно. В табл. 2 приведены их расчетные значения, установленные в результате исследований активного и повышенной активности движения людских потоков.

При нарушении равенства пропускных способностей смежных участков пути для движения людского потока перед эскалаторами и АКП приходится предусматривать участки горизонтального пути для размещения на них людей, не успевающих бес-

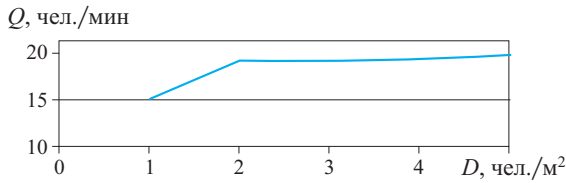


Рис. 12. Зависимость пропускной способности АКП Q от плотности людского потока D на участке перед ним

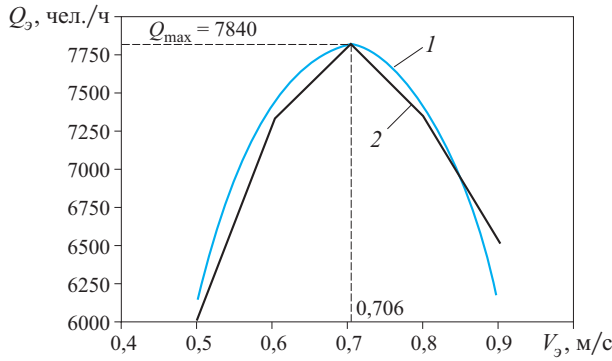


Рис. 13. Провозная способность эскалаторного полотна Q_3 при различных скоростях его движения V_3 : 1 — теоретические значения; 2 — эксперимент

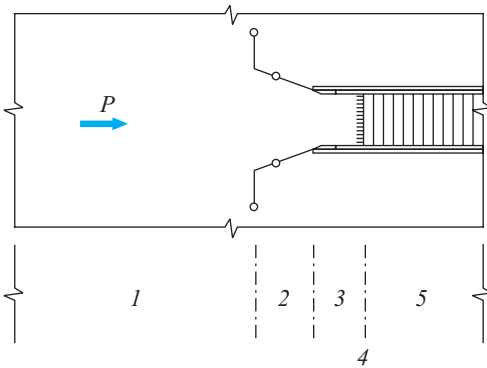


Рис. 14. Участки пути перед эскалатором, влияющие на скорость движения к нему людского потока: 1 — горизонтальный путь; 2 — горизонтальный путь между направляющими; 3 — горизонтальный путь между балюстрадами эскалатора; 4 — проем, гребенка; 5 — эскалатор

препятственно пройти через АКП и эскалаторы, так называемые “накопители”. На их площади люди могут размещаться с различным уровнем комфорта.

Согласно задачам, поставленным перед системами комплексного обеспечения безопасности, проектные решения при нормальных условиях эксплуатации должны быть направлены на “поддержание заданных условий комфортности жизнедеятельности объекта”. В то же время система управления эвакуацией людей (СУЭВ) из высотного здания должна обеспечивать организацию “беспрепятст-

Таблица 2. Расчетные значения пропускных и провозных способностей участков пути и устройств

Наименование участков и устройств	Ширина, м	Пропуская, провозная способность, чел./ч
Горизонтальный путь при движении:		
одностороннем	1	4000
двухстороннем	1	3200
Лестница при движении:		
одностороннем вверх	1	3600
одностороннем вниз	1	3000
двухстороннем вверх	1	3200
двухстороннем вниз	1	2600
Эскалатор при скорости полотна:		
0,75 м/с	1	8200
0,90 м/с	1	6300
Дверной проем	0,8	4000
АКП на входе	—	1200

венного и своевременного движения людских потоков” [1, п. 6.13.1].

Беспрепятственность — минимальный уровень комфортности движения людей в потоке. Она обеспечивается при плотности потока на горизонтальных путях не выше 5 чел./м², на лестнице — 4 чел./м². При нормальных условиях эксплуатации при плотности 5 чел./м² движение потока прекращается, люди останавливаются и ждут, пока уйдет впереди расположенная часть потока. Приостановка движения людей в потоке начинается при достижении плотности 2–3 чел./м². Уровень комфортности при плотности 1–2 чел./м² можно назвать средним, выше 3 чел./м² — низким, 4–5 чел./м² — критическим. Высокий уровень комфортности движения обеспечивается при плотностях потока ниже 0,5 чел./м² (т.е. более 2 м²/чел.), когда свободная площадь в потоке позволяет человеку свободно маневрировать или двигаться не торопясь с желаемой скоростью, не ощущая влияния окружающих его людей. Такая градация уровней комфортности соответствует и зарубежным данным [13].

С учетом изложенных закономерностей интересно проанализировать решение, представленное на чертеже выше (см. рис. 11). Если расчетным является утренний час пик учреждений функциональной группы I (см. табл. 1) и данный вход людей в здание предусматривается только со станции мет-

рополитена, то максимальная величина людского потока через него (см. формулу (5a)) составит:

$$P_{ex} = 0,0184N_{com}k_{ex}, \quad (11)$$

где k_{ex} — коэффициент распределения прибывающего людского потока между входами, который при регулируемом входе в здание может быть установлен администрацией здания, исходя из условий его эксплуатации, например требований комфорта.

На входе перехода в административно-деловой центр со станции метрополитена расположены шесть дверей шириной по 0,8 м, обеспечивающих суммарную пропускную способность 400 чел./мин. Возможная же пропускная способность расположенных далее по ходу движения восьми автоматических контрольно-пропускных устройств составляет всего лишь 160 чел./мин. По-видимому, предполагаемая величина максимального людского потока через данный вход не превосходит указанной величины или при эксплуатации должна быть ею ограничена. Иначе на участке пути перед АКП образуется скопление людей. Если, например, разница между величиной входящего через двери потока и пропускной способностью АКП составит 240 чел./мин, то только для ожидания ими возможности прохода потребуется участок перед АКП площадью 48 м² при весьма некомфортных условиях ожидания при плотности 5 чел./м². Даже при таких условиях длина скопления (48:7,2) превзойдет предусмотренную длину участка перед АКП, т.е. скопление распространится за пределы входа и заблокирует проход людей со станции метрополитена в боковые направления. Скопление будет расти, по-

скольку максимальный поток продолжается еще не менее 4 мин. К сожалению, это не гипотетическая ситуация, мы ежедневно ее наблюдаем на входах почти всех станций нашего метрополитена. В данном случае ее можно избежать, ограничив число сотрудников, входящих в здание через рассматриваемый вход, или сдвинув начало работы отделов (см. формулу (11)). Однако в любом случае целесообразно, по-видимому, передвинуть линию размещения устройств АКП вглубь перехода, ближе к эскалаторам.

Три эскалаторных полотна с возможной провозной способностью 400 чел./мин (см. табл. 1) предназначены для обслуживания людского потока, прошедшего через АКП и имеющего суммарную величину всего лишь 160 чел./мин. Даже двух эскалаторов с минимальной скоростью движения полотна (см. рис. 13 и соотношение (11)) оказывается вполне достаточно для обеспечения высокого уровня комфорта людей в таком потоке, идущем по горизонтальным путям между АКП и эскалаторами, а затем и после эскалаторов к дверям входа в вестибюль здания, при плотности менее 0,5 чел./м².

Очевидно, на такую величину людского потока (160 чел./мин) должна рассчитываться и пропускная способность пунктов досмотра, расположенных в вестибюле данного входа в здание.

Приведенный пример наглядно демонстрирует негативные последствия объемно-планировочных, технических и экономических решений, принимаемых без учета закономерностей передвижения населения городов и сбалансированности пропускных способностей элементов коммуникационной сети движения людей в здании.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Дмитриев, А. Н.** Требования к техническим средствам и системам комплексного обеспечения безопасности, автоматизации и связи многофункциональных высотных зданий и комплексов / А. Н. Дмитриев, Г. Г. Соломанидин, М. М. Любимов [и др.]. — М.: Всемирная академия наук комплексной безопасности; Университет комплексных систем безопасности и инженерного оборудования, 2005.
2. **МГСН 4.19–2005.** Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве.
3. **СНиП 21-01–97*.** Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.
4. **Буга, П. Г.** Исследование пешеходного движения в городах: Дис. ... канд. техн. наук; науч. рук. В. М. Предтеченский. — М.: МИСИ, 1973.
5. **Scholefield, G. F.** Lift-Selection, Installation and Maintenance / G. F. Scholefield // Institution of Plant Engineers. — 1963. — № 8, 12.
6. **Дувидзон, Р. М.** Проектирование спортивных сооружений с учетом движения людских потоков: Дис. ... канд. техн. наук, науч. рук. В. М. Предтеченский. — М.: МИСИ, 1968.
7. Разработать и внедрить новые объемно-планировочные и конструктивные решения станций метрополитенов с учетом высокоскоростного движения поездов: Отчет НИР № 01860005733 МИСИ; рук. В. В. Холщевников, отв. исп. А. С. Дмитриев. — М.: МИСИ, 1989.

8. **Исаевич, И. И.** Разработка основ многовариантного анализа объемно-планировочных решений станций и пересадочных узлов метрополитена на основе моделирования закономерностей движения людских потоков: Дис. ... канд. техн. наук, науч. рук. В. В. Холщевников. — М.: МИСИ, 1990.
9. Разработать рекомендации по проектированию павильонов автоматизированного контроля доступа (АСКД) на железнодорожных вокзалах с учетом движения людских потоков / *Б. Б. Серков, В. В. Холщевников, Д. А. Самошин* [и др.]: Отчет по НИР. — М.: АГПС МЧС России, 2005.
10. **Холщевников, В. В.** Исследование людских потоков и методология нормирования эвакуации людей при пожаре / *В. В. Холщевников*. — М.: МИПБ МВД России, 1999.
11. Разработка рекомендаций по регулированию скорости движения лестничного полотна эскалаторов: Отчет НИР № ЛМн-370 ВНИИИЖТ; рук. *Ю. М. Еремеев*, отв. исп. *Е. М. Белов*. — М.: ВНИИИЖТ, 1983.
12. **Еремеев, Ю.** Выбор оптимальной производительности эскалаторов / *Ю. Еремеев, Е. Белов, И. Исаевич* // Метрострой. — 1989. — № 1.
13. **Fruin, I. I.** Pedestrian Planning and Design / *I. I. Fruin*. — New York: Planner Inc., 1971.

Поступила в редакцию 24.12.07.



Интерактивное учебное пособие “ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ”

Представляет курс, построенный на основе методических материалов, разработанных ведущими специалистами кафедры пожарной безопасности Московского государственного строительного университета, и включает 16 уроков (лекции и тестовые вопросы), объединенные в электронный учебник.

Учебно-методическое пособие содержит сборник нормативных актов по организации и обеспечению пожарной безопасности объектов.

Поурочная структура курса позволяет изучать материал в удобное время и в удобном темпе. Данное интерактивное учебное пособие рекомендуется для проведения дистанционного обучения.

Курс рассчитан на самостоятельное изучение и консультационной помощью не поддерживается.

Освоив предлагаемый материал, вы можете сдать квалификационный экзамен в виде контрольного тестирования по всем пройденным темам.

Успешно сдавшим квалификационный экзамен предоставляется скидка 30% от базовой стоимости курса и выдается удостоверение государственного образца, подтверждающее прохождение слушателем курса повышения квалификации руководителей и специалистов в объеме 72-часовой программы.

Удостоверение высылается на почтовый адрес слушателя или вручается лично в УВЦ ИИБС МГСУ по адресу: Москва, ул. Смирновская, дом 1 А.

**Заявку на приобретение компакт-диска присылать
по e-mail: firepress@gmail.com**



Адъюнкт
Академии ГПС МЧС РФ
О. Н. Орлова



Д-р экон. наук, профессор
Академии ГПС МЧС РФ
В. В. Кафидов

УДК 65.050.2

ЗАКОНОМЕРНОСТИ, УЧАСТВУЮЩИЕ В УПРАВЛЕНИИ КАРЬЕРОЙ РУКОВОДИТЕЛЯ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

Представлены результаты исследования факторов, влияющих на деловую карьеру руководящего звена специалистов Государственной противопожарной службы МЧС России.

На основании предыдущего опыта и большой работы, проделанной д-ром экон. наук, профессором, академиком РАЕН, НАНПБ, РАСН, МАНЕБ и Муниципальной академии В. В. Кафидовым по вопросам рассматриваемой темы [1], выявлены закономерности, способствующие совершенствованию управления карьерой руководителя пожарной охраны.

Проводя анализ деловой карьеры, основой которого являлись автобиографии руководителей и сотрудников Государственной противопожарной службы (ГПС) МЧС России, обучающихся на факультете руководящих кадров, каждый слушатель попытался оценить свой жизненный путь, успехи и неудачи. Некоторые слушатели испытывали небольшие затруднения при описании факторов, влияющих на деловую карьеру (форма анкетирования представлена в табл. 1). Разные пути, приведшие в пожарную охрану сотрудников как рядового, так и начальствующего состава, способствуют выработке индивидуального отношения к понятию карьеры.

Каждый слушатель проанализировал этапы деловой карьеры, включая рассмотрение причин взлетов и падений, совпадение желаний с реальным перемещением, вынужденные переходы с целью повышения должности и звания, изменения режима или характера работы (табл. 2).

Сравнительный анализ факторов, влияющих на деловую карьеру, а также ее этапов для слушателей, обучающихся на факультете руководящих кадров в 1998 г. (поступление их на работу соответствует 1983 г.) и в 2007 г. (поступление на работу — 1992 г.) позволил выявить некоторые закономерности.

В опросе участвовало равное количество слушателей — 22 чел. По его результатам самым уязви-

мым, по мнению авторов статьи, оказался вопрос о том, что явилось информационным источником знания о существовании пожарной охраны (табл. 3).

Итогом послужил очень печальный вывод: как таковой официальной информацией о существовании пожарной охраны, ее приоритетах никто до поступления на учебу в пожарно-технические учреждения не владел. Было лишь нечеткое представление о деятельности пожарных частей, которое строилось и основывалось на рассказах друзей, родственников, знакомых, тоже порой не имевших ясной картины о структуре и организации пожарной охраны.

Из 5-й графы табл. 3 видно, что два слушателя 1998 учебного года указали на внешний источник — это одно из направлений на учебу в пожарно-техническое училище по комсомольской линии и проводимая государством акция набора прошедших срочную службу в армии вне конкурса. О том, что пожарная охрана была одной из военизированных организаций с четкими порядком и постановкой задач и действий, а также что данная организация являлась силовой структурой государства, имела свои традиции и влияние почти на все структуры, никто не знал.

Данные табл. 3 позволяют выделить некоторую закономерность и назвать ее закономерностью неизбежности, по которой слушатели факультета руководящих кадров волей судьбы попали в пожарную охрану.

В то же время выяснилась следующая противоречивая связь между отсутствием внешнего источника информации о пожарной охране и выбором профессии, особенно на начальном этапе, при поступлении в учебные заведения после окончания

Таблица 1. Факторы, влияющие на деловую карьеру

Фактор	Описание фактора	Вы- воды
1. <i>Детство, семья, школа</i>		
1.1.	Место рождения, условия проживания (город, сельская местность, собственный дом, квартира, комната и т.д.)	
1.2.	Род занятий, образование родителей и близких родственников, знакомых, имевших влияние на вашу жизнь	
1.3.	Учеба в школе: успеваемость, отношение к учебе, любимые предметы, отношения с учителями	
1.4.	Любимые занятия: чтение, искусство, спорт и т.д.	
1.5.	Желание и мотивы выбора жизненного пути. Служба в армии, отношение к службе	
1.6.	Оценка возможностей выбора профессии и рода занятий. Был ли выбор?	
2. <i>Начало трудовой деятельности</i>		
2.1.	Обучение в Вузе: мотивы, ожидания, т.д.	
2.2.	Обучение в пожарно-техническом училище: обстоятельства и мотивы поступления, любимые и нелюбимые предметы, роль учебы в училище для последующей службы (в широком смысле)	
2.3.	Ситуация поступления на службу в пожарную охрану:	
	а) информированность о выбираемой профессии	
	б) что привлекло: форма одежды, зарплата, условия и порядок службы, возможность реализации своих способностей, сознание необходимости профессии, семейная традиция и т.п. Как вы относитесь к этому теперь?	
	в) кто рекомендовал поступить в пожарную охрану	
	г) как относились вы и ваши родственники к пожарной охране? Изменилось ли это отношение?	

средней школы или другого учебного заведения (табл. 4).

35–40-летние руководители подразделений пожарной охраны, в большинстве своем, мечтали о военной службе, офицерском звании и престижном высшем образовании. Однако престиж пожарного в

Таблица 2. Этапы деловой карьеры

Горизонтальные и вертикальные перемещения по службе	Успехи	Неудачи	Анализ причин
...

Таблица 3. Информационный источник знания о существовании пожарной охраны

Учебный год (год поступления на работу)	Количество участвующих в опросе слушателей	Информация поверхностная от родственников и знакомых	Пресса, телевидение, радио, внешний источник
1998 г. (1983 г.)	22	22	2
2007 г. (1992 г.)	22	22	–

Таблица 4. Сравнительный анализ ответов на вопрос о приоритете выбора профессии в пользу пожарной охраны слушателей факультета руководящих кадров в 1998 и 2007 гг.

Учебный год (год поступления на работу)	Количество участвующих в опросе слушателей	Сдали экзамены в другое учебное заведение	Окончили другое учебное заведение	Сделали выбор в пользу пожарной охраны
1998 г. (1983 г.)	22	–	10	10
2007 г. (1992 г.)	22	4	9	13

Таблица 5. Сравнительный анализ мотивации выбора профессии

Учебный год (год поступления на работу)	Количество участвующих в опросе слушателей	Мотив выбора профессии: престижность, ношение формы, перспективность, уважение, условия прохождения службы
1998 г. (1983 г.)	22	8
2007 г. (1992 г.)	22	20

те годы был невысок. В этом можно убедиться, проанализировав результаты ответов на вопрос о мотиве выбора профессии, сравнив анкеты слушателей факультета руководящих кадров 1998 и 2007 годов обучения (табл. 5).

Очевидно, что большое расхождение во мнениях вызвал вопрос о мотиве выбора профессии. Оправданной точкой в этом расхождении авторы статьи считают разрыв в годах учебы, который составляет девять лет. Наглядно видно, что за истекшие девять лет отношение к пожарной охране изменялось к лучшему. Так, престижность, возможность ношения формы, перспективность, уважение, условия

прохождения службы были определены как мотив выбора профессии каждым третьим слушателем в 1998 г. (1983 г.) и почти каждым — в 2007 г. (1992 г.). *Можно смело сказать, что престиж пожарной охраны возрос втрое по сравнению с предыдущим десятилетием.*

Некоторое расхождение во мнениях вызвал и вопрос об отношении слушателей и их родственников к пожарной охране. По данным опроса обучающихся 1998 и 2007 годов обучения взгляд и отношение их родственников к пожарной охране изменился в положительную сторону почти в 2,5 раза (табл. 6).

Значение 3-й графы табл. 6 за 1998 учебный год могло бы быть еще меньше. Объясняется это просто: родственники будущих солдат срочной службы изыскивали различные способы уклонения от нее, так как каждый знал, что его сын не застрахован от службы в Афганистане. Естественно, кто мало-мальски владел информацией о существовании пожарной охраны, тот не упускал такой возможности, как служба в военизированных пожарных частях. Это был наилучший выход из сложившейся на тот момент политической обстановки в стране.

Непростым оказалось для обучающихся и описание своей деловой карьеры. Чувствуется очень скромный подход к оценке своих достижений, передвижений по служебной лестнице, как правило, отсутствует либо неполон анализ своей деятельности. Напрашивается вопрос — почему? Ответ, скорее всего, кроется в том, что мы не умеем этого делать, не задумываемся о дальнейшем построении и внесении корректив в выстраивание прямой стратегической линии, ведущей вверх.

Каждый сотрудник должен уметь анализировать свою профессиональную карьеру, заботиться о своем личном развитии, более того, не останавливаясь на достигнутом, двигаться вперед, уметь вовремя отметить отрицательные моменты своей

Таблица 6. Сравнительный анализ отношения к пожарной охране родственников слушателей факультета руководящих кадров 1998 и 2007 годов обучения

Учебный год (год поступления на работу)	Количество участвующих в опросе слушателей	Взгляд и отношение родственников к пожарной охране	
		положительно	отрицательно
1998 г. (1983 г.)	22	8	14
2007 г. (1992 г.)	22	19	3

деятельности и сделать определенные выводы, перестроиться и идти дальше в правильном направлении.

Выводы

1. Необходимо на современном этапе активизировать работу с редакциями телевизионных программ, информировать население о состоянии борьбы с пожарами и мерах по профилактике пожарной безопасности, направленных на снижение количества пожаров и последствий от них.

2. Следует формировать через средства массовой информации положительный имидж о деятельности Государственной противопожарной службы.

3. Пока деловая карьера не станет личным вопросом сотрудника, пока каждый не научится грамотно подходить к этому вопросу, ни о какой успешности и перспективности на выбранном пути не может идти и речи.

4. Отсутствие понимания важности умения анализировать свою деловую карьеру и своевременно вносить коррективы приведет к дальнейшей приостановке продвижения вверх по служебной линии или, в худшем случае, эта линия будет уже ведущей вниз.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Кафидов, В. В.** Социология и технологии безопасности: учебное пособие для вузов / В. В. Кафидов. — М.: Академический Проект, 2005. — С. 88–89.

Поступила в редакцию 23.11.07.



Канд. техн. наук,
генеральный директор
ОАО “НИИ “Гириконд”
Н. И. Горбунов



Канд. техн. наук, доцент, началь-
ник научно-производственного
комплекса ОАО “НИИ “Гириконд”
Л. К. Дийков



Канд. техн. наук, начальник
научно-технического отделения
ОАО “НИИ “Гириконд”
Ф. К. Медведев

УДК 614.844

ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ОЧАГОВ ПОЖАРА И ВЗРЫВА

Изложены новые принципы разработки и организации производства оптоэлектронных приборов, обнаруживающих и регистрирующих очаг горения на фоне разнообразных оптических помех, электромагнитное излучение от очагов пожара и взрыва (в дальнейшем — оптоэлектронные приборы). Приводится перечень таких приборов, разрабатываемых и производимых в ОАО “НИИ “Гириконд”: универсальные многоспектральные извещатели пламени, оптоэлектронные преобразователи, извещатели для комплектации систем взрывоподавления, сигнализаторы наличия факела в газовых, мазутных, водородных горелках и в газоотводящих системах, пожарные извещатели резервуарные для резервуарных хранилищ.

Нет сомнений, что при решении проблемы обеспечения промышленной и экологической безопасности своевременное обнаружение и регистрация очагов пожара являются особенно актуальными. Быстро усложняющаяся техногенная среда с непредсказуемыми всплесками нестабильности плюс человеческий фактор с его пренебрежением к правилам пожарной безопасности способствуют постоянному росту “огненных катастроф”. Для их предотвращения требуется быстрая и адекватная защитная реакция, поэтому в современных системах пожаротушения наиважнейшую роль играют оптоэлектронные приборы, представляющие собой сложные электронно-оптические устройства, разработка и внедрение которых связаны с применением наукоемких технологий и ноу-хау.

Принципы разработки и производства оптоэлектронных приборов

Основные положения этих принципов сводятся к следующим:

- В ходе разработок приоритетное внимание следует уделять функциональному элементу, определяющему основные тактико-технические и эксплуатационные характеристики оптоэлектронных приборов, а именно приемнику излучения, изготов-

ление которого должно являться составной частью общего технологического процесса.

- Адекватность оптоэлектронного прибора разнообразию видов возгорания достигается за счет вариативности фотоэлектрических характеристик приемника излучения.

- Адаптация оптоэлектронных приборов условиям эксплуатации и совместимость их с приемно-контрольными приборами (в том числе адресными) достигается применением специальных конструкций и электронных схем обработки сигналов.

- Средства контроля работоспособности должны быть адекватны реальным очагам пожара.

Эффективность перечисленных выше принципов подтверждена популярностью извещателей пламени серии “Набат”, разработанных ОАО “НИИ “Гириконд” и многократно отмеченных золотыми и серебряными наградами на международных выставках и симпозиумах.

Основной функциональный элемент оптоэлектронных приборов

В течение последних пяти лет в ОАО “НИИ “Гириконд” были завершены работы по созданию новых полупроводниковых материалов и технологий, не имеющих мировых аналогов. Это технологии

формирования нанокompозитов в двухмерной фрактальной структуре с матрицей из полупроводниковых материалов А4В6-А2В6 с примесями, обладающими чувствительностью в спектральном диапазоне 1,0–5,0 мкм, позволивших разработать новые полупроводниковые, многоспектральные, многоэлементные, фотогальванические приемники излучения, непосредственно преобразующие излучение очагов пожара и фоновых оптических помех в фото ЭДС [1–3]. Применение в оптоэлектронных приборах такого приемника излучения в качестве основного функционального элемента позволяет осуществлять обнаружение и идентификацию очагов пожара с использованием принципа спектральной селекции. В этом случае из падающего на фотоприемник интегрального излучения выделяются и регистрируются спектральные полосы излучения “светящихся” продуктов горения, например паров воды, углекислого газа или нагретых до температуры 1000°С частиц сажи [3]. При этом для обнаружения пламени в таком варианте идентификации не требуется наличия колебаний (мерцаний) интенсивности излучения, что является необходимым условием работы и главным принципиальным недостатком всех известных отечественных и зарубежных датчиков пламени, поскольку необходимость работы по “мерцающим” источникам обуславливает высокую вероятность ложных срабатываний извещателей от широко распространенных “мерцающих” оптических помех.

Варьируя составом полупроводникового материала и спектрами пропускания интерференционных фильтров, входящих в конструкцию приемника излучения, можно получать спектральные характеристики чувствительности оптоэлектронных датчиков пламени, адекватные всему многообразию спектров излучения очагов пожара, имеющих различную динамику возгорания и развития и обусловленных горением различных горючих материалов. В дополнение к сказанному нужно отметить, что этот приемник излучения работает при сохранении высокого уровня чувствительности в широком температурном интервале — от –60 до +85°С, не требует для своей работы внешнего напряжения, а значит обладает высокой эксплуатационной надежностью, относится к быстродействующим приемникам с постоянной времени в несколько микросекунд, имеет частотно независимое распределение плотности теплового шума, что хорошо сочетается с импульсным рабочим режимом. Естественно, что все эти достоинства приемника излучения транслируются и на соответствующие характеристики оптоэлектронных приборов.

Адекватность оптоэлектронных приборов разнообразию видов возгорания

На рис. 1 приведены спектральные характеристики фоточувствительных элементов, сформированных указанным выше способом, в таблице — их комбинации в приемнике излучения, каждая из которых обеспечивает возможность регистрации соответствующих типов очагов пожара на фоне наиболее распространенных оптических помех (излучение от солнца, люминесцентных и электрических ламп накаливания, разрядов молнии и электросварки). Сопоставляя сигналы, поступающие от каждого из фоточувствительных элементов, отличающихся специфической спектральной характеристикой, можно с высокой степенью достоверности определить, является ли излучение следствием возникшего очага пожара или оптической помехой.

Ниже приводится перечень наиболее характерных материалов, очаги возгорания которых должны обнаруживаться разработанными оптоэлектронными приборами:

- объекты, горящие с выделением дыма (ТП-1, ТП-4, ТП-5): различные виды древесины, дизельное топливо и бензины, топливо для реактивных двигателей и горюче-смазочные материалы, трансформаторное масло и рабочие масла компрессоров и насосов, пластмассовые изделия;

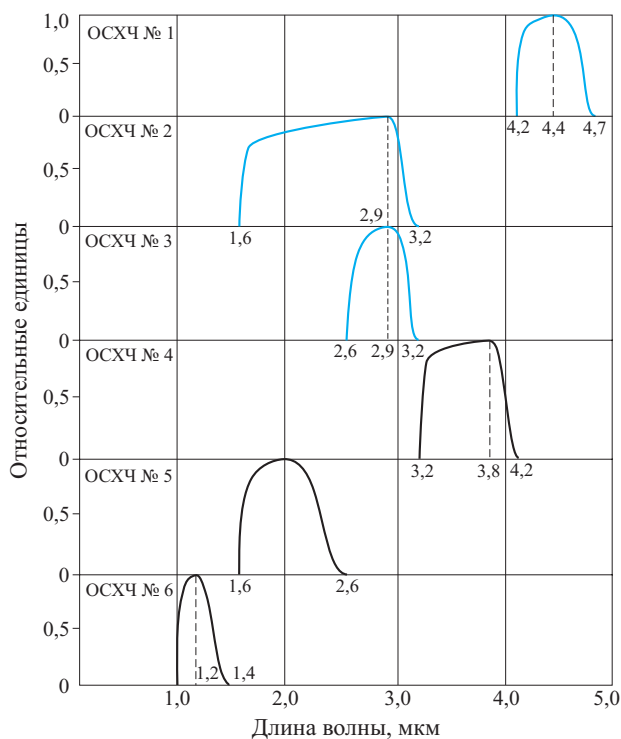


Рис. 1. Относительные спектральные характеристики чувствительности (ОСХЧ) фоточувствительных элементов многоспектрального полупроводникового фотоэлемента

№	Тип очага пожара по ГОСТ Р 50808–96	Номер вида относительной спектральной характеристики чувствительности (ОСХЧ) фоточувствительного элемента согласно рис. 1					
		1	2	3	4	5	6
1	ТП-1, ТП-4, ТП-5, взрыв	+	+				
2	ТП-2, ТП-3, “горячая” угольная пыль				+		
3	ТП-6	+		+			
4	Горение веществ, не содержащих углеводородов, взрыв	+	+		+		
5	Оптические помехи в виде излучения солнца, люминесцентных ламп, электросварки						+
6	Оптические помехи в виде излучения от нагретых тел и ламп накаливания				+	+	

- сжатые и сжиженные газы, легковоспламеняющиеся жидкости, горящие без выделения дыма (ТП-6): метан, этан, пропан, бутан, спирты — метанола, этанола, пропанола, ацетон;
- группы веществ, способные к несанкционированному разогреву и тепловыделению (ТП-2, ТП-3): тлеющие древесина, хлопок, мука, зерно, торф, уголь и угольная пыль;
- легковоспламеняющиеся вещества, не содержащие углерода: водород, аммиак, гидразины, азид натрия и другие, у которых спектры поглощения лежат в диапазоне 1,5–5,0 мкм;
- характерные взрывные процессы метановоздушноугольной пыли, летучих углеводородных смесей, при нарушении техники безопасности в производстве взрывчатых веществ.

Таким образом, можно считать решенной проблеме с адекватностью оптоэлектронных приборов возможному многообразию очагов возгорания.

Адаптация к приемно-контрольным приборам

Для полной адекватности оптоэлектронного прибора требуемым условиям пожаробезопасности адаптация должна осуществляться не только по “оптическому входу”, но и по “электрическому выходу”. Решение указанной проблемы особенно актуально для адресно-аналоговых типов извещателей, когда необходимо учитывать особенности построения адресной системы вкуче с особенностями адресной системы приемно-контрольного прибора и соответствующей им инфраструктуры. Для этого требуется разработка такого адресно-аналогового противопожарного оптоэлектронного прибора, который обладает всеми перечисленными выше качествами извещателя пламени, полностью отвечает всем требованиям НПБ 76–98 “Извещатели пожарные. Общие технические требования” и может быть адаптирован к любой адресно-аналоговой аппаратуре потребителя. В таком устройстве имеется воз-

можность доукомплектования его адресной платой, самостоятельная установка потребителем которой предусмотрена конструкцией прибора с соответствующими электрическими разъемами. Это решает главную проблему, которая возникает всегда, когда необходимо совместить адресный пожарный извещатель с адресным приемно-контрольным прибором с присущей только ему системой адресации и кодирования. Такой оптоэлектронный прибор может включать в себя дополнительные блоки, позволяющие обеспечить принципиально новое качество датчика, например совмещение его с системой видеонаблюдения или с радиоканалом.

Адекватность средств контроля реальным очагам пожара

Разработка адекватных средств контроля работоспособности оптоэлектронных приборов велась в части как внутренней автоматической проверки фотоприемника, электронных трактов и чистоты входного окна, так и внешнего контроля. В последнем случае тестирующее устройство выполнялось в виде тестового инфракрасного фонаря.

Внутренний самоконтроль исправности приемника излучения и электронного тракта осуществляется включением в конструкцию приемника излучения инфракрасного излучателя, позволяющего направлять контрольное излучение, минуя систему интерференционных фильтров, и таким образом, что интегральным излучением в равной степени засвечиваются и проверяются все фоточувствительные элементы и соответствующие им электронные тракты. При контроле загрязнения входного окна должна соблюдаться адекватность спектров излучения контрольного излучателя и спектрального распределения чувствительности фоточувствительных элементов. В качестве такого излучателя можно использовать фотолюминесцентный излучатель с набором соответствующих интерференционных фильтров. Как при внутреннем контроле работо-

способности, так и при проверке загрязнения входного окна используется принцип построения октрона, аналогичный описанному патентом [1].

Для проверки работоспособности внешними средствами применяется специальное осветительное устройство — тестовый фонарь, который может входить в комплект поставки датчика. Его отличительная особенность состоит в том, что спектральное распределение излучения тестового фонаря имитирует ИК спектры излучения различных типов очагов возгорания при одновременном освещении и наведении луча на контролируемый преобразователь. Причем спектры излучения в точности соответствуют спектрам излучения того типа очага пожара, для которого предназначен данный извещатель пламени, а наведение на объект осуществляется по “видимому” лучу. Вес устройства не превышает 350 г, потребляемая мощность — 1,7 Вт. В качестве оптических элементов, формирующих спектры излучения устройства, используются сменные интерференционные фильтры, изготовление которых является частью технологического процесса производства устройства в целом.

Адаптация к различным условиям эксплуатации

И, наконец, еще один тип адаптации, который необходимо обеспечить для оптоэлектронных приборов — это адаптация к различным условиям эксплуатации. Данная проблема решается использованием соответствующих конструктивных решений.

Ниже приводятся данные по основным типам оптоэлектронных приборов, их конструктивные особенности и области применения.

Универсальные многоспектральные извещатели

Извещатель пламени многодиапазонный ИП332-1/1 — “НАБАТ 1” (обыкновенное исполнение)

Пластмассовый корпус. Степень защиты оболочкой IP41, IP65 (с защитным кварцевым диском). Диапазон рабочих температур — от –60 до +55°C. Габаритные размеры — не более 90×90×105 мм. Масса — не более 260 г. Сигнал срабатывания формируется бесконтактным способом за счет изменения внутреннего сопротивления датчика.

Предназначен для защиты:

- общественных зданий, музеев, театров, церквей, складов, ангаров, спортивных сооружений, производственных и подсобных помещений промышленных предприятий, машинных залов с мощными энергетическими установками и

оборудованием, других помещений с высотой потолка, превышающей 7 м;

- объектов, расположенных на открытых уличных площадках;
- объектов, для защиты которых по каким-либо причинам невозможно применение дымовых и тепловых извещателей, например помещений с повышенной запыленностью и производственной задымленностью;
- для обнаружения тлеющих очагов пожара;
- для обнаружения опасного перегрева фрагментов электрического оборудования, расположенного под защитными кожухами, или нарушений целостности тепловой защиты высокотемпературных печей.

Извещатель пламени многодиапазонный ИП332-1/1 — “НАБАТ 1” (взрывозащищенное исполнение) с блоком искрозащиты на стабилизаторах (БИС)

Корпус пластмассовый, металлизированный. Степень защиты оболочкой IP65 (с защитным кварцевым диском), IP67 (с защитным кварцевым диском и заполнением внутреннего пространства электронного блока резиноподобным компаундом). Маркировка взрывозащиты: датчика — ExibIICT6, БИС — [Exib]IIC. Диапазон рабочих температур — от –60 до +55°C. Габаритные размеры — не более 90×90×110 мм. Масса — не более 360 г. Сигнал срабатывания формируется бесконтактным способом за счет изменения внутреннего сопротивления датчика.

Извещатель пламени многодиапазонный ИП332-1/1M — “НАБАТ 1M” (взрывозащищенное исполнение) с БИС

Корпус алюминиевый (латунный), повышенная устойчивость к механическим нагрузкам. Степень защиты оболочкой IP65 и IP67. Маркировка искрозащиты: датчика — ExibIICT6, БИС — [Exib]IIC. Диапазон рабочих температур — от –60 до +55°C. Габаритные размеры — не более 90×90×110 мм. Масса — не более 350 г. Сигнал срабатывания формируется бесконтактным способом за счет изменения внутреннего сопротивления датчика.

Предназначен для защиты:

- нефтеперерабатывающих предприятий, нефтяных скважин, шельфовых нефтедобывающих платформ, нефтепроводов и установок для разжижения нефти при ее транспортировке по нефтепроводам, нефтехранилища;
- газопроводов, газохранилищ, газораспределительных и газокomppressorных станций;
- морских терминалов для загрузки танкеров;
- взрывоопасных химических производств и производств взрывчатых веществ;

- шахт и предприятий угольной промышленности;
- открытых площадок для хранения пожаро- и взрывоопасных веществ, складов горюче-смазочных материалов, гаражей и автозаправочных станций;
- резервуарных парков сжиженных газов.

**Извещатель пламени многодиапазонный
ИП332-1/2 “СК” — “НАБАТ 2”**

Корпус пластмассовый. Степень защиты оболочкой IP41, IP65 (с защитным кварцевым диском). Диапазон рабочих температур — от -60 до $+55^{\circ}\text{C}$. Габаритные размеры — не более $90 \times 90 \times 105$ мм. Масса — не более 260 г. Сигнал срабатывания формируется контактным способом с помощью реле (сухой контакт).

Предназначен для защиты:

- индивидуальных гаражей, загородных коттеджей, дачных строений, отдельных изолированных помещений, где целесообразно применение извещателей для индивидуальной защиты единичных объектов с использованием четырехпроводного шлейфа, независимых источников питания и средств оповещения;
- газовых отопительных и нагревательных установок от последствий самопроизвольного погасания газового факела (газовые горелки в котельных и доменных печах, в газовых турбинах и металлургии, газовые факелы при сгорании попутных газов).

**Извещатель пламени многодиапазонный
ИП332-1/3 — “НАБАТ 3”**

Корпус пластмассовый. Степень защиты оболочкой IP41, IP65 (с защитным кварцевым диском). Диапазон рабочих температур — от -60 до $+55^{\circ}\text{C}$. Габаритные размеры — не более $\varnothing 100 \times 41$ мм. Масса — не более 250 г. Контактный разъем для установки в розетку типа РИД-6М. Сигнал срабатывания формируется бесконтактным способом за счет изменения внутреннего сопротивления датчика.

Предназначен для защиты:

- транспортных средства, включая железнодорожные вагоны, вагоны пригородных электропоездов и метро;
- промышленных и гражданских объектов в качестве извещателя, работающего в единой инфраструктуре с извещателями дыма и тепловыми извещателями для повышения вероятности своевременного обнаружения возникающих очагов пожара в защищаемом помещении.

**Извещатель пламени многодиапазонный
ИП332-1/4 — “НАБАТ 4” аналоговый**

Предназначен для использования в сложных эксплуатационных условиях: при повышен-

ных рабочих температурах и механических нагрузках. Корпус металлический, алюминиевый (латунный). Степень защиты оболочкой IP67. Взрывозащищенное исполнение с маркировкой ExibIIC6 с видом взрывозащиты “искробезопасная цепь”. Маркировка взрывозащиты БИС — [Exib]IC. Имеет систему внутреннего и внешнего контроля работоспособности с самотестированием. У извещателя аналоговый выход с унифицированным выходным сигналом тока $0-20$ мА. Первый уровень — 2 мА — сигнализирует о неисправностях, которыми могут быть загрязнение окна, отказ приемника излучения или предварительных усилителей. Второй уровень — 4 мА — соответствует дежурному режиму, третий — 8 мА — предпожарной опасности, четвертый — 20 мА — сигналу тревоги. Каждый из этих уровней визуализируется соответствующим режимом свечения красного и зеленого светодиодов. По заявке заказчика в дополнение к требованиям НПБ 76–98 могут быть реализованы следующие параметры и характеристики:

- устойчивость к солнечной засветке с освещенностью до 100000 лк;
- отсутствие ложных срабатываний при засветке от лам накаливания до 5000 лк;
- устойчивость к ИК излучению от объектов, нагретых до 400°C ;
- устойчивость к синусоидальной вибрации в диапазоне частот $1-500$ Гц с ускорением $10g$, к механическому удару одиночного воздействия с пиковым ударным ускорением $500g$, механическим ударам многократного действия с пиковым ударным ускорением $150g$;
- быстродействие — 100 мс;
- сферический угол обзора — не менее 90° , с оптической приставкой — не более 5° .

Оптоэлектронные многоспектральные преобразователи

**Преобразователь инфракрасный пожарный
многодиапазонный ИПП332-1/1**

Основные требования к такому преобразователю сводятся к следующим:

1. Должен выдавать периодическую информацию на приемно-контрольный прибор о результатах внутреннего самотестирования на предмет исправности электронных трактов и чистоты входного окна, сигналы об предпожарной тревоге и о пожаре. Причем предпожарным признаком может быть любой из выбранных потребителем, например несанкционированное повышение температуры контролируемого объекта.

2. Должен удовлетворять требованиям по взрывобезопасности (в том числе и для особовзрыво-

опасных зон класса 0), иметь расширенный рабочий интервал температур — от -60 до $+85^{\circ}\text{C}$.

3. Конструкция преобразователя должна обеспечивать размещение адресной платы потребителя.

4. По основным функциональным и эксплуатационным характеристикам преобразователь должен соответствовать НПБ 76–98 и техническим условиям АДПК.425241.001 ТУ [2].

Первый вариант такого преобразователя был разработан, изготовлен, испытан и прошел промышленное освоение в ОАО “НИИ “Гириконд”. Это инфракрасный оптоэлектронный преобразователь ИПП332-1/1. Он имеет аналоговый выход с унифицированным выходным сигналом тока $0-20$ мА. Испытываются варианты встраивания в инфраструктуру адресных приемно-контрольных приборов, например “Ладоги-А” и “Триумфа”. Указанный преобразователь может взаимодействовать с централизованной системой пожаробнаружения и управления пожаротушением.

Извещатели для комплектации систем взрывоподавления

Извещатель пожарный инфракрасный многодиапазонный ИП330-5

В настоящее время можно говорить о практическом отсутствии быстродействующих устройств для раннего обнаружения беспламенного возгорания органических веществ различного происхождения и назначения. Первое место в списке таких веществ занимает, конечно, каменный уголь и его производные. Связано это с тем, что в последнее время в мировой энергетике наблюдается тенденция заметного роста потребления в качестве энергоносителей дешевых видов твердого ископаемого топлива, и в первую очередь, бурых углей. Однако практически любое звено в технологической цепочке от добычи бурого угля на разрезе до сжигания его в топке тепловой электростанции в той или иной мере подвергается опасности возгорания или взрыва. Известно также, что большинство мероприятий по их предупреждению не приносит должного положительного эффекта, поскольку практически невозможно контролировать образование просыпей угля и очагов самовозгорания, возникновение взрывоопасных концентраций угольной пыли, инициирующих тепловые взрывы. Оказалось, что в настоящее время единственным перспективным направлением по обеспечению пожаровзрывобезопасности энергетических предприятий является внедрение автоматических систем противопожарной защиты и взрывоподавления на ранних стадиях их возникновения. При этом определяющая роль в таких системах остается за первичными извещателями пожара и взрыва. Основ-

ные требования к их техническим и эксплуатационным характеристикам вытекают из особенностей контролируемых процессов. Известно, что:

- время перехода тления в горение и далее в дефлаграционное горение (тепловой взрыв) составляет доли секунд, а скорость распространения фронта пламени лежит в пределах от 8 до 1500 м/с;
- температура тления угольной пыли в зависимости от избытка кислорода находится в пределах от 350 до 550°C ;
- угольная пыль излучает как серое тело со степенью черноты $0,70-0,85$ и не имеет спектрально выраженных полос излучения (например, на $4,3$ мкм);
- излучение от угольной пыли в $3-5$ раз превышает фоновое тепловое излучение от конструктивных материалов и оборудования, которое может иметь “мерцающий” характер;
- первичные стадии пожара вплоть до возникновения теплового взрыва не сопровождаются появлением пламени (беспламенное горение);
- эксплуатация извещателя должна осуществляться в условиях повышенной вибрации и в широком рабочем температурном диапазоне.

В связи с вышеперечисленным извещатели должны обладать следующими характеристиками:

- чувствительность в спектральном диапазоне $1,0-4,2$ мкм;
- быстродействие не хуже 1 мс;
- реагирование на беспламенное горение;
- отсутствие реагирования на излучение нагретых тел с температурой ниже 100°C ;
- отсутствие вибрационных шумов;
- повышенная теплоустойчивость;
- коррозионная устойчивость и устойчивость к воздействию агрессивной среды (SO_2);
- нечувствительность к воздушным пылевым потокам.

Ни один из известных авторам статьи отечественных и зарубежных извещателей не обладает совокупностью указанных выше характеристик. В то же время применение в качестве основного функционального элемента извещателя многоспектрального ИК фотоэлемента, генерирующего фото ЭДС в спектральных поддиапазонах $2,6-3,5$, $3,5-4,2$ и $1,0-1,2$ мкм, позволило обеспечить выполнение всех перечисленных требований, а также расширить список контролируемых объектов, включив в него не только уголь и его производные, но и перегрев любых органических материалов, например розлив горячего мазута, битума, тление торфа, древесины, зерна, муки, хлопка, древесных опилок. Этим требованиям отвечает многоспектральный извещатель пламени ИП330-5 (АДПК.425241.003 ТУ [2]).

Технические характеристики ИП330-5

- максимальное расстояние, на котором регистрируется тлеющий уголь или горячий мазут очагом 0,1 м, — не менее 20 м;
- максимальное расстояние, на котором регистрируется тлеющая древесина площадью 1 м², — не менее 50 м;
- максимальное расстояние регистрации очага пожара типа ТП-5 — не менее 17 м;
- максимальное расстояние регистрации очага пожара типа ТП-6 — не менее 12 м;
- время срабатывания извещателя с момента формирования очага от тлеющего угля или разлива горячего мазута, битума с очагом размером 0,1 м² — не более 100 мс;
- извещатель не дает ложных срабатываний при воздействии засветкой от ламп накаливания с освещенностью 500 лк, люминесцентных источников света, от солнечной засветки с освещенностью до 30000 лк, световых вспышек от дуги электросварки или молний;
- степень защиты оболочкой IP67;
- взрывозащищенное исполнение с маркировкой взрывозащиты “искробезопасная цепь” ExiaIICtD (по ГОСТ Р.51330.0), комплектуется БИС;
- прорабатывается вариант взрывозащиты, учитывающий специфику угольных и рудных шахт;
- диапазон рабочих температур — от -40 до +70°C;
- устойчив к ИК излучению от нагретых объектов с температурой до 100°C;
- имеется вариант с латунным корпусом массой не более 400 г;
- габаритные размеры — не более 90×90×48 см;
- имеет систему внутреннего и внешнего контроля работоспособности с самотестированием;
- выходные уровни токовых сигналов и их визуализация аналогичны выполненным в извещателе ИП332-1/4;
- устойчив к синусоидальной вибрации в диапазоне частот 1–500 Гц с ускорением 10g, к механическому удару одиночного воздействия с пиковым ударным ускорением 500g, механическим ударам многократного действия с пиковым ударным ускорением 150g;
- сферический угол обзора — не менее 60°;
- рабочее напряжение — 24–27 В.

Ориентирован на применение во взрывоопасных зонах наружных установок и помещений классов В-Ia, В-Ig, В-Iб, В-IIa, в которых возможно образование взрывоопасных смесей категорий ПА, ПВ, ПС и групп Т1, Т2, Т3, Т4, Т5, Т6, в соответствии с требованиями гл. 7.3 ПУЭ.

Предусматриваются условия, при которых выходные электрические характеристики обеспечивают срабатывание клапана запорно-пускового

КД100.1,6 для автоматических систем водяного и пенного пожаротушения (сертификат ССПБ RU.УП001.ВО4604) с временем открытия 200 мс.

Сигнализаторы наличия факела**Сигнализаторы многодиапазонные СНПО-1 и СНПО-2**

Этот тип оптоэлектронных приборов решает задачи, обратные тем, которые обсуждались в предыдущем разделе. Если извещатель пламени при появлении последнего должен способствовать мобилизации адекватных средств тушения, то для сигнализатора наличия факела — это штатный режим. В рассматриваемом случае пламя является энергетическим источником в тепловых нагревательных установках, а его наличие есть свидетельство их безопасной работы. Тогда несанкционированное погасание пламени, например факела пламени газовой горелки при продолжающемся поступлении газа, может привести к разрушительным взрывам и пожарам.

Существует немало различных устройств, фиксирующих момент самопроизвольного погасания газовой горелки вследствие временного несанкционированного прекращения подачи газа. Однако далеко не все они обеспечивают абсолютную надежность работы тепловых энергетических установок. Точно также существуют системы контроля полноты сгорания газа, но они не могут обеспечить реализацию максимального КПД его использования, поскольку, контролируя концентрацию несгоревшего углеводородного топлива, не контролируют расход неиспользованного и понапрасну нагретого кислорода воздуха. Все эти проблемы можно разрешить, если при конструировании оптоэлектронных приборов такого назначения использовать многоспектральный фотогальванический приемник и метод спектральной селекции [4].

Факел газового пламени при штатных режимах горения представляет собой частично прозрачную, бесцветную среду (“бесцветное” пламя), характеристики излучения которой имеют ярко выраженный селективный характер. У “бесцветного” пламени полное излучение в спектральных диапазонах 1,5–2,5 и 3,2–4,2 мкм чрезвычайно мало, но имеются две полосы сильного селективного излучения, соответствующие свечению продуктов горения — паров воды и углекислого газа. Ширина первой полосы составляет ~400 нм с максимумом у 2,8 мкм, второй — 350 нм при максимуме 4,4 мкм (рис. 2). И если для “бесцветного” пламени полный коэффициент излучения не превосходит 0,2, то спектральный коэффициент излучения в отмеченных выше селективных полосах поглощения может оказаться для большого объема факела пламени близ-

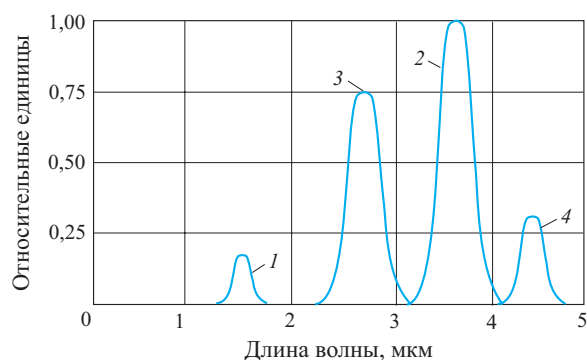


Рис. 2. Спектральные характеристики чувствительности фотоэлектрических элементов многоспектрального приемника излучения: 1, 2 — элемент регистрации излучения горячей стенки; 3 — элемент регистрации излучения пламени (H_2O); 4 — элемент регистрации излучения пламени (CO_2)

ким к единице. Именно это излучение и должно стать главным идентифицирующим признаком наличия пламени. Также нужно иметь в виду, что излучение от факела осуществляется на фоне излучения от горячих стенок энергетических установок, типичная температура которых находится в интервале 1200–1400°C, т.е. приближается к температуре пламени. Спектральное распределение плотности излучения стенки соответствует серому телу, совпадает со спектральным распределением абсолютно черного тела и имеет полный коэффициент излучения в пределах 0,8–0,9. Поэтому контроль за излучением нагретой стенки осуществляется контролем излучения в области, где имеется сильное излучение от горячей стенки и слабое — от горящего факела, например при 1,6 и 3,5 мкм. Регистрация и оценка соотношений интенсивностей излучения в четырех обозначенных выше спектральных диапазонах осуществляются с помощью четырехцветного фотогальванического приемника. По фиксируемому данным делается заключение о наличии или отсутствии факела. Анализ указанных соотношений позволяет также судить и об эффективности выбранного режима горения. Эти сведения послужили техническим основанием для разработки нового оптоэлектронного прибора для электронно-механических систем контроля режимов горения газа — сигнализаторов наличия пламени оптоэлектронного СНПО-1 и СНПО-2, первый из которых фиксирует наличие факела горелок, второй позволяет осуществлять контроль наличия факела при горении отводных газов. При этом расстояние от сигнализатора до верхней кромки отводной трубы составляет не менее 100 м.

Эффективность предложенных технических решений была подтверждена на практике в ходе испытания экспериментальных и опытных образцов

оптоэлектронных приборов рассматриваемого типа в составе автоматики, обеспечивающей безопасность эксплуатации газового модульного котла ГМК-700 на предприятии ТНП ГКНПЦ им. М. В. Хруничева, г. Москва, в блочных газовых горелках для отопительных и водогрейных паровых котлов низкого и среднего давлений теплопроизводительностью до 1,5 МВт производства ОАО “Старорусприбор”, г. Старая Русса, и СТК “Теплоком”, а также на тепловых энергетических установках различного назначения на предприятиях ОАО “Северсталь”, г. Череповец.

Резервуарные пожарные извещатели

Извещатели пожарные многодиапазонные резервуарные ИП330-7/1 и ИП330-7/2

Эта разновидность оптоэлектронных приборов должна обеспечивать пожаровзрывобезопасность резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов, спиртов и других горючих жидкостей, а также горючих газов и порошков. Место расположения извещателя — пространство между крышкой резервуара и поверхностью хранящегося вещества. В случае с нефтью и нефтепродуктами — это взрывоопасная зона с постоянным присутствием взрывоопасной газовой смеси, а потому она отнесена к зоне класса 0. Это в свою очередь означает, что для таких объектов возможно использование только особовзрывобезопасного оборудования, а следовательно, пожарных извещателей с взрывозащитой “искробезопасная электрическая цепь” и маркировкой взрывозащиты Exia. Из всего многообразия имеющихся в настоящее время пожарных извещателей этому требованию удовлетворяет только один — тепловой извещатель ИП101 “Гранат”. Однако он имеет быстрое действие, исчисляемое минутами, и поэтому не может быть использован в системах взрывоподавления. В то же время известно, что пожар в резервуаре в большинстве случаев начинается именно со взрыва паровоздушной смеси в верхней части резервуара с последующим возгоранием поверхности горючей жидкости [5]. Сказанное выше послужило основанием для разработки оптоэлектронных резервуарных извещателей (ИП330-7/1 и ИП330-7/2, АДПК.425241.019 ТУ [2]), которые ориентированы на вновь создаваемые системы промышленной и пожарной безопасности, действующие на основе современных автоматизированных комплексов. Эти извещатели предназначены для использования на особо взрывоопасных объектах, имеют маркировку взрывозащиты Exia, обнаруживают не только возникающие очаги пламени, но и первичные фазы взрывного процесса. Как уже отмечалось ранее, создание такого вида оптоэлект-

ронного прибора также стало возможным только потому, что в качестве чувствительного элемента и в этом приборе был использован быстродействующий многоспектральный фотогальванический приемник излучения с постоянной времени 20 мс. В частности, обеспечение символа “а” стало возможным потому, что для этого фотоприемника не требуется напряжение смещения (в ждущем режиме он “обесточен”), а фото ЭДС генерируется только при появлении излучения от пламени или взрыва. Сказанное позволяет при любых его механических повреждениях сохранять искробезопасность цепи. В рассматриваемом варианте оптоэлектронного прибора также реализован аналоговый токовый выход 0–20 мА, в одном из токовых уровней которого может быть выведен сигнал предварительной тревоги, соответствующий несанкционированному нагреву контролируемой поверхности или отдельных ее областей. При этом время такой реакции — не более 1 мс. Извещатель разработан в двух конструктивных вариантах: с совмещенными блоком обработки сигнала и фотоприемником (ИП330-7/1) и с разделенными блоком обработки сигнала и выносным фотоприемником (ИП330-7/2). Рабочий температурный диапазон — от –40 до +70°С.

Для оптимального выбора типа оптоэлектронного прибора разработчикам проектов противопожарных систем предлагается следующая последовательность действий.

1. Прогнозирование заказчиком наиболее вероятных типов очага пожара, оптических помех или взрыва.

2. Выявление особенностей размещения защищаемых объектов на контролируемой площади.

3. Ознакомление с эксплуатационными документами на извещатели и установление возможности использования перечисленных в них вариантов исполнения.

4. Выявление возможных дополнительных требований к датчику, учитывающих специфику защищаемого объекта и не отраженных в основном тексте эксплуатационных документов.

5. После выполнения перечисленных выше пунктов выдается заявка на изготовление извещателей, при необходимости с перечислением дополнительных требований.

6. Изготовитель датчика выбирает оптимальную комбинацию фоточувствительных элементов в приемнике излучения и обеспечивает адекватность характеристик датчика возможным пожарным угрозам.

Такая схема гарантирует наиболее качественное выполнение проектов по обеспечению пожаровзрывобезопасности конкретных охраняемых объектов.

Все перечисленные выше датчики соответствуют требованиям НПБ 76–98, Международного европейского стандарта EN 54-10:2005 и имеют патентную защиту [6, 7]. Годовой объем производства датчиков серии “Набат” превышает 10000 штук.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. РФ № 37571. Фотолюминесцентный излучатель, фотоэлемент и октрон на их основе / Н. И. Горбунов, Л. К. Дийков и др.
2. АДПК.423231.001 ТУ. Фотоэлементы. Технические условия.
3. Медведев, Ф. К. Электронно-оптические извещатели пламени. ИК-приемники нового поколения / Ф. К. Медведев, С. П. Варфоломеев [и др.] // Электроника НТБ. — 2000. — № 6.
4. Дийков, Л. К. Оптоэлектронные датчики для контроля работы газовых горелок / Л. К. Дийков, Ф. К. Медведев [и др.] // Мир и безопасность. — 2006. — № 1.
5. Рукин, М. В. Безопасность резервуарных парков нефтебаз / М. В. Рукин, Г. Г. Калашник // ОПС. — 2007.
6. Пат. РФ № 2296370. Инфракрасный многодиапазонный детектор пламени и взрыва / Н. И. Горбунов, Л. К. Дийков, Ф. К. Медведев [и др.].
7. Infrared multi-positional fire and explosion detector. Publication Number WO/2006/137757. International Fpplication № PCTRU2006/000283. Publication Data 28.12.2006. Internacional Filing Data 29.05.2006.

Поступила в редакцию 24.12.07.



Канд. техн. наук,
эксперт компании "System Sensor"
И. Неплохов

УДК 614.844

ОДНОКОМПОНЕНТНЫЕ ДЫМОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ ПОЖАРНЫЕ ИЗВЕЩАТЕЛИ

Рассмотрены особенности и область применения дымовых линейных пожарных извещателей. Изучена чувствительность пожарных извещателей к тестовым очагам пожара и доказана лучшая эффективность дымовых линейных пожарных извещателей по обнаружению различных типов возгораний. Рассмотрены два крупных класса данных извещателей — одно- и двухкомпонентные, определены требования к техническим характеристикам составляющих эти извещатели компонентов, их конструкции и размещению.

Линейные дымовые пожарные извещатели эффективны при защите помещений с высокими потолками, таких как атриумы, вестибюли, гимнастические залы, спортивные арены, музеи, церкви, заводские цеха, складские помещения и т.д. В таких сооружениях возникают проблемы с монтажом точечных дымовых детекторов и еще большие трудности при их обслуживании. Но главное — это снижение эффективности точечных дымовых извещателей при увеличении высоты помещения. Поток дыма, поднимающийся к потолку, расширяется и становится рассеянным. Пропорционально снижению удельной оптической плотности дыма увеличивается время определения пожароопасной ситуации точечным извещателем. Соответственно, площадь, защищаемая точечным дымовым извещателем, с 85 м^2 при высоте потолка до 3,5 м уменьшается до 55 м^2 при высоте 10,5–12,0 м по НПБ 88–2001*

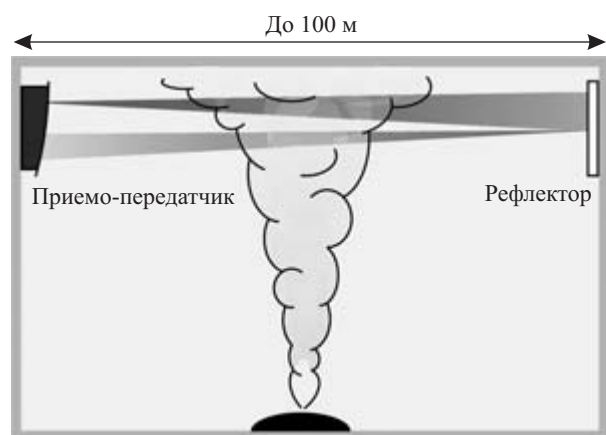


Рис. 1. Распределение дыма в высоком помещении

“Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования”.

На эффективность линейного извещателя рассеивание дыма практически не оказывает влияния, поскольку одновременно увеличивается протяженность задымленной зоны, через которую проходит его сигнал (рис. 1). Таким образом, линейные дымовые извещатели идеально подходят для использования в помещениях с высокими потолками. По НПБ 88–2001* такие извещатели применяются в помещениях высотой до 12 м в один ярус, от 12 до 18 м — в два яруса.

Согласно требованиям НПБ 82–99 “Извещатели пожарные дымовые оптико-электронные линейные. Общие технические требования. Методы испытаний” чувствительность линейного дымового извещателя должна устанавливаться в пределах от 0,4 дБ (снижение интенсивности луча на 9%) до 5,2 дБ (снижение интенсивности луча на 70%). В технической документации может указываться чувствительность в дБ или процентах. Снижению сигнала на $\Delta\%$ соответствует ослабление на L дБ:

$$L = 10 \lg [100 / (100 - \Delta\%)], \text{ дБ.}$$

В табл. 1 приведен пример расчета по приведенной выше формуле.

Кроме того, линейный дымовой извещатель обеспечивает лучшую эффективность по обнару-

Таблица 1. Пример расчета снижения сигнала

%	9	25	30	40	45	50	70
дБ	0,41	1,25	1,55	2,22	2,60	3,00	5,23

жению различных типов пожаров по сравнению с точечными оптико-электронными, ионизационными и тепловыми извещателями (табл. 2).

Линейные дымовые извещатели можно разделить на два крупных класса:

- двухкомпонентные, состоящие из отдельных блоков приемника и передатчика;
- современные однокомпонентные — один блок приемо-передатчика с пассивным рефлектором.

Построение линейного извещателя определяет требования к техническим характеристикам компонентов, их конструкции и размещению. Для двухкомпонентного извещателя необходимо обеспечить стабильный уровень сигнала передатчика во всем диапазоне рабочих температур и напряжений питания, так как снижение уровня сигнала передатчика приводит к формированию ложного сигнала ПОЖАР. Приемник должен обеспечивать хранение значения уровня опорного сигнала в энергонезависимой памяти и корректировку порога срабатывания при запылении оптики в процессе эксплуатации.

При этом для увеличения энергетического потенциала в приемнике и передатчике используются оптические системы, обеспечивающие достаточно узкие диаграммы направленности. Такое построение определяет сложность настройки и эксплуатации линейных извещателей. Для обеспечения работоспособности необходимо проведение достаточно трудоемкой юстировки, при которой устанавливается положение приемника и передатчика, соответствующее приему максимума сигнала. Изменение положения приемника или передатчика в процессе эксплуатации вызывает отклонение диаграммы направленности, снижение уровня сигнала и формирование ложного сигнала ПОЖАР, который

не сбрасывается без переустановки извещателя. После сброса производится сравнение пониженного за счет разъюстировки уровня сигнала с уровнем сигнала при чистой оптической среде и выдается подтверждение сигнала ПОЖАР. Ситуация для извещателя не отличается от подтверждения сигнала ПОЖАР при наличии дыма. Соответственно, крепление приемника и передатчика допускается только на капитальные конструкции. Форму диаграммы направленности выбирают таким образом, чтобы незначительное смещение опорных конструкций не нарушало работоспособность линейного извещателя. Обычно допускается в процессе эксплуатации смещение максимума диаграммы направленности относительно оптической оси в пределах порядка $\pm 0,50$, что соответствует при расстоянии между приемником и передатчиком 10 м смещению луча на ± 87 мм, а при расстоянии 100 м — на ± 870 мм.

Для обеспечения работы двухкомпонентных извещателей при различных дальностях обычно требуются использование нескольких уровней сигнала передатчика и регулировка усиления приемника, что создает дополнительные трудности при настройке и юстировке. Другой существенный недостаток — необходимость подключения и передатчика, и приемника к источнику питания — это значительный расход кабеля, обычно превышающий расстояние между приемником и передатчиком. Кроме того, при установке в одном помещении параллельно нескольких линейных извещателей необходимо исключить попадание на приемник сигналов от соседних передатчиков. Некоторые производители в этом случае рекомендуют устанавливать приемники и передатчики в шахматном порядке, что приводит к дополнительному увеличе-

Таблица 2. Чувствительность пожарных извещателей к тестовым очагам пожара

	Тип тестового пожара					
	ТП-1	ТП-2	ТП-3	ТП-4	ТП-5	ТП-6
Характеристика	Открытое горение древесины	Пиролиз древесины	Тление хлопка	Открытое горение пластмассы	Горение гептана	Горение спирта
Основные сопутствующие факторы	Дым, пламя, тепло	Дым	Дым	Дым, пламя, тепло	Дым, пламя, тепло	Пламя, тепло
<i>Извещатель:</i>						
тепловой	X	H	H	X	X	O
дымовой оптический	H	O	O	X	X	H
дымовой ионизационный	O	X	X	O	O	X
комбинированный тепловой и дымовой оптический	X	O	O	X	X	O
дымовой линейный	X	O	O	O	O	H
<i>Примечание: O — отлично обнаруживает; X — хорошо обнаруживает; H — не обнаруживает.</i>						

нию расхода кабеля и монтажных работ. Причем монтаж этой части шлейфа обычно затруднен из-за высоких потолков или необходимости выполнения скрытой проводки.

Все перечисленные недостатки отсутствуют у однокомпонентных дымовых линейных извещателей серии 6500 производства Систем Сенсор (рис. 2), в которых приемник и передатчик размещены в одном блоке, а на противоположной стороне располагается только пассивный рефлектор размером 200×230 мм, не требующий питания (рис. 3). Он состоит из большого числа призм, структура которых обеспечивает отражение сигнала в направлении источника. Таким образом, рефлектор не требует ни только питания, но и юстировки. Более того, рефлектор может быть установлен на некапитальные и даже вибрирующие конструкции. Допускается изменение положения рефлектора в пределах $\pm 10^\circ$. При больших углах появляется снижение уровня отраженного сигнала за счет уменьшения проекции рефлектора на плоскость, перпендику-



Рис. 2. Приемно-передатчик 6500

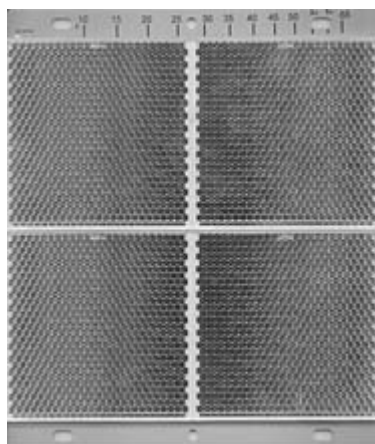


Рис. 3. Пассивный рефлектор

лярную оптической оси, т.е. за счет уменьшения эквивалентной площади рефлектора. При этом несколько раз сокращается расход кабеля, трудоемкость монтажа и настройки. Протяженность контролируемой зоны со стандартным рефлектором — от 5 до 70 м, при использовании дополнительно комплекта рефлекторов LRK — от 70 до 100 м.

Оригинальный дизайн приемно-передатчика визуально уменьшает его габариты при установке на высоте. Съёмная декоративная крышка может быть окрашена в любой цвет в соответствии с интерьером помещения. Выступающее обрамление светофильтра защищает его рабочую поверхность от пыли.

В приемно-передатчике установлены три разноцветных светодиода для индикации состояния извещателя:

- мигание зеленого светодиода — дежурный режим;
- мигание желтого светодиода — режим НЕИСПРАВНОСТЬ (число вспышек указывает на причину выхода из дежурного режима);
- включение красного светодиода соответствует режиму ПОЖАР.

Максимально упрощен процесс юстировки приемно-передатчика 6500. Первоначально юстировка производится с использованием оптического зеркального видоискателя (рис. 4). При значительных расстояниях вблизи рефлектора закрепляется ярко-оранжевый стикер размером 16×16 см (в комплекте). Точное положение оптической системы устанавливается по максимальному уровню сигнала, величина которого отображается в виде двух цифр (десятки, единицы) на двух семисегментных светодиодных индикаторах (рис. 5). Изменение положения оптической оси по горизонтали и по вертикали производится при помощи двух винтов. Корректировка диапазона измерений уровня сигнала



Рис. 4. Зеркальный видоискатель

ла при достижении границы динамического диапазона в процессе юстировки происходит автоматически. Для фиксации положения оптической системы приемо-передатчика предусмотрены два контрольных винта. Никакого дополнительного оборудования и специальной подготовки для проведения юстировки не требуется. Вся процедура юстировки занимает несколько минут.

В рабочем режиме оптическая система и органы юстировки закрыты светофильтром с эластичной прокладкой, что обеспечивает высокую защиту извещателя от пыли и воды (IP54). Конструкция приемо-передатчика и его жесткое крепление на стене исключают вероятность нарушения юстировки во время технического обслуживания и даже допускают возможность использования телескопических штанг. При необходимости отклонения оптической оси от нормали к стене более 10° и для установки на потолке используются кронштейны BEAMMMK и монтажная коробка для открытой проводки BEAMSMK.

Объединение приемника и передатчика в одном блоке обеспечивает также возможность автоматической подстройки уровня излучения передатчика и коэффициента усиления приемника в зависимости от дальности контролируемой зоны. Кроме того, дополнительно появляется возможность временной селекции сигналов, использования одного рефлектора при близком расположении двух-трех извещателей, компенсации изменения оптической плотности, не связанной с возникновением пожароопасной ситуации, в течение суток для исключения ложных срабатываний и т.д.

Линейный извещатель 6500 имеет четыре фиксированных уровня чувствительности — 25, 30, 40 и 50% затухания, что позволяет учесть условия эксплуатации. Более высокие уровни чувствительности (25 и 30%) рекомендуется устанавливать в чистых помещениях и для защиты небольших зон на большой высоте, например в атриумах и световых фонарях. При достаточно протяженных зонах и в пыльных помещениях следует устанавливать более низкие уровни чувствительности (40 и 50%), что обеспечит больший диапазон автокомпенсации запыления оптического фильтра приемо-передатчика и рефлектора. Автоматическая компенсация запыления обеспечивает стабилизацию уровня чувствительности и снижает расходы на техническое обслуживание.

Для удобства эксплуатации в линейном извещателе 6500R при тестировании индицируется степень запыления числом вспышек желтого индикатора: от 10 до 20% — одна вспышка, от 20 до 30% — две и т.д. При достижении границы диапазона автоматической компенсации формируется сигнал

НЕИСПРАВНОСТЬ, а желтый светодиод вспыхивает 2 раза, что указывает на необходимость проведения технического обслуживания (рис. 6). Реле НЕИСПРАВНОСТЬ в дежурном режиме находится под током и контролирует наличие питания. Следовательно, при использовании извещателя 6500 не требуется установки отдельного релейного модуля EOLR-1.

Для исключения ложных срабатываний, вызванных увеличением оптической плотности в контролируемом помещении в рабочие часы, в линейном извещателе 6500 предусмотрены два адаптивных порога: А1 от 30 до 50% и А2 от 40 до 50%. В отличие от фиксированного порога в этом случае медленные изменения оптической плотности в течение суток компенсируются в заданных пределах (рис. 7).

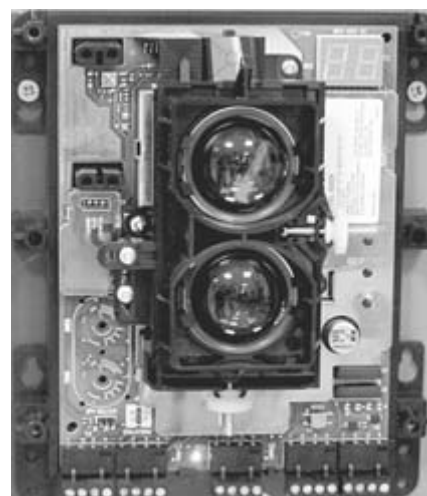


Рис. 5. Цифровой индикатор уровня сигнала

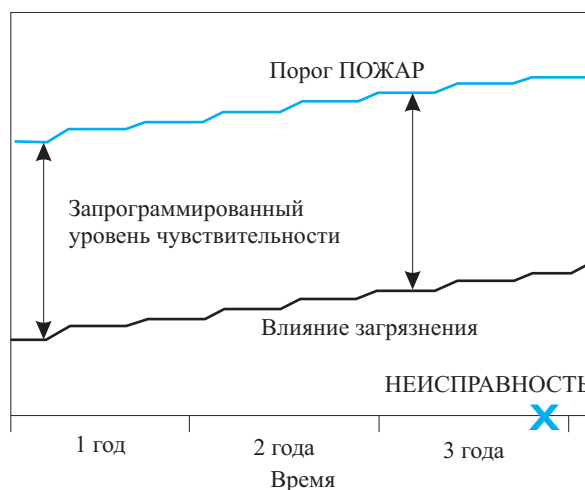


Рис. 6. Компенсация запыления оптических элементов линейного извещателя

Извещатель 6500R не реагирует на кратковременную (менее 30 с) блокировку луча, при более продолжительной блокировке формируется сигнал НЕИСПРАВНОСТЬ, а желтый светодиод вспыхивает 4 раза. Восстановление из режима, созданного прерыванием излучения, происходит автоматически после устранения причины, вызвавшей неисправность.

Значительно упрощается и контроль чувствительности однокомпонентного линейного извещателя

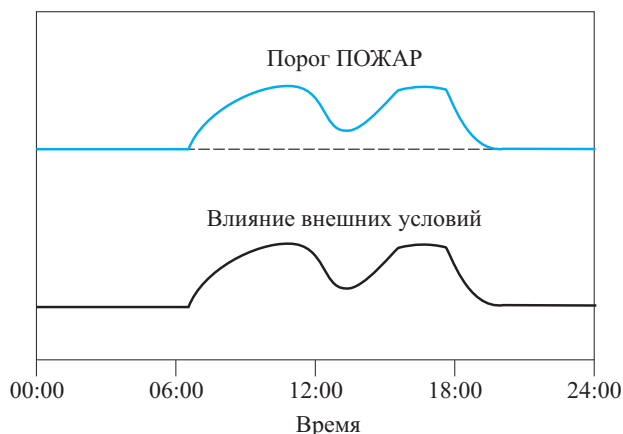


Рис. 7. Компенсация изменения оптической плотности среды в течение суток



Рис. 8. Выносной пульт управления 6500RTS-KEY

теля 6500. Вместо использования оптических фильтров ослабление сигнала обеспечивается блокировкой соответствующей площади рефлектора. Для случая равномерного облучения рефлектора имеется простая зависимость затухания сигнала от величины его площади. У извещателя 6500 сигнал проходит контролируемую зону два раза: от приемо-передатчика до рефлектора и обратно. Соответственно, при реальном задымлении, ослабляющем сигнал, например, на 3 дБ (50%), к приемо-передатчику вернется сигнал, ослабленный на 6 дБ (75%). При ослаблении сигнала на 30% до рефлектора дойдет 70% сигнала, т.е. 0,7 от первоначального уровня, на обратном пути тоже останется 0,7 от отраженного от рефлектора сигнала. В итоге вернется $0,7 \cdot 0,7 = 0,49$ или 49% излученного сигнала, а затухание составит $1 - 0,49 = 0,51$, т.е. 51%. Этот эффект показывает еще одно преимущество однокомпонентного линейного извещателя: его потенциальная чувствительность в два раза выше, чем у двухкомпонентного, а при установлении одинаковой чувствительности выше помехозащищенность из-за увеличения порога в два раза.

Таким образом, для имитации затухания сигнала на 30% необходимо закрывать более половины площади рефлектора, на 50% — примерно 3/4 площади.

На рефлекторе извещателя 6500 нанесена шкала от 10 до 65% с дискретом 5%, по которой определяется величина затухания сигнала при изменении площади затенения (см. рис. 3). Таким образом, можно с высокой точностью измерить чувствительность извещателя 6500 на любом из четырех порогов чувствительности.

Для тестирования может использоваться выносной пульт управления 6500RTS-KEY, который обеспечивает запуск теста, индикацию режимов ПОЖАР и НЕИСПРАВНОСТЬ, а также сброс извещателя в дежурный режим (рис. 8). Для ограничения доступа включение режима ПОЖАР и сброс производятся ключом.

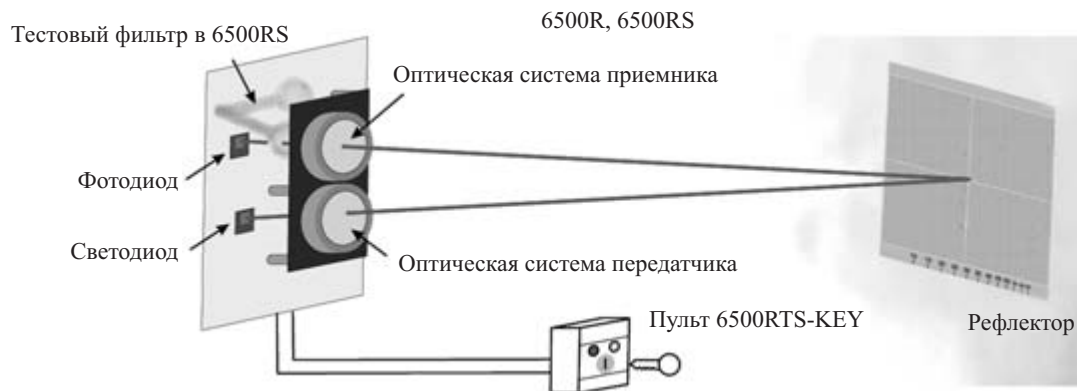


Рис. 9. Дистанционное 100%-ное достоверное тестирование

Модель извещателя 6500RS оснащена серводвигателем, который по сигналу ТЕСТ вводит калиброванный фильтр в оптическую систему, имитируя затухание, вызванное дымом. Это техническое решение обеспечивает 100%-ное достоверное дистанционное тестирование. Такая функция особенно удобна при установке извещателя на большой высоте или в труднодоступных местах.

Извещатели 6500R, 6500RS подключаются практически к любому ПКП при помощи реле ПОЖАР с нормально разомкнутыми контактами и реле НЕИСПРАВНОСТЬ с нормально замкнутыми контактами в дежурном режиме при подключенном напряжении питания. Удобны съемные терминалы с отдельными контактами для входных и выходных цепей. Предусмотрены отдельные терминалы для подключения токоограничивающего резистора последовательно с контактами реле ПОЖАР и для шунтирования контактов реле НЕИСПРАВНОСТЬ диодом Шоттки (при подключении к ПКП со знакопеременным напряжением в шлейфе). В комплекте резисторы 470, 680 и 1000 Ом и диод Шоттки.

Важным преимуществом извещателя 6500 с точки зрения его эксплуатации в суровых российских климатических условиях является широкий диапазон рабочих температур: от -30 до $+55^{\circ}\text{C}$ при

классе защиты оболочки IP54, что обеспечивает его работу как в отапливаемых, так и в неотапливаемых помещениях, на запыленных и влажных объектах. Для работы в помещениях, где возможно выпадение росы или инея при резких колебаниях температуры, приемопередатчик и рефлектор могут быть дополнительно оборудованы нагревателями ВЕАМНК, ВЕАМНКР, исключающими формирование ложных сигналов. При необходимости также могут использоваться и другие аксессуары, которые выпускаются для извещателей 6500.

Применение однокомпонентной конструкции сокращает в несколько раз объем монтажных работ, расход кабеля и время юстировки. Например, сравнительный расчет для протяженного объекта размером 180×63 м показывает, что системы пожарной сигнализации на базе однокомпонентных линейных извещателей 6500R, с учетом монтажных работ и настройки, почти на 30% дешевле систем с точечными дымовыми извещателями российского производства. Использование извещателей 6500 значительно упрощает систему: для данного объекта их количество сокращается с 560-ти точечных до 40 линейных, длина кабеля уменьшается с 4,23 км до 355,5 м, при этом объем монтажных работ уменьшается в 11 раз, наладки — в 8 раз.

Поступила в редакцию 10.01.08.



Канд. техн. наук, ведущий специалист ООО "Эпотос 1"
А. В. Долговидов



Адъютант Академии ГПС МЧС РФ
О. Ю. Сабинин

УДК 614.842.611

АВТОМАТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОДАЧИ ОГНЕТУШАЩИХ ПОРОШКОВ

Проведены обзор модулей порошкового пожаротушения, выпускаемых отечественной промышленностью в настоящее время, их классификация. Проанализированы достоинства и недостатки различных типов модулей. Выявлены проблемы, стоящие на пути развития автоматических средств порошкового пожаротушения, и представлены пути их решения.

Как показывают результаты исследований в области порошкового пожаротушения [1, 2], огнетушательная способность порошковых составов в значительной степени зависит от способа их подачи на очаг пожара. Следовательно, исследовать практическую эффективность огнетушащих порошков имеет смысл только наряду со средствами их подачи.

В настоящее время в России применяют следующие средства порошкового пожаротушения: ручные и передвижные огнетушители; пожарные автомобили; стационарные установки, построенные на основе модулей порошкового пожаротушения (МПП).

В данной статье дан обзор представленных на российском рынке МПП. Тактико-технические характеристики модулей взяты из рекламных проспектов и официальных интернет-сайтов производителей.

В нормах [3] дано следующее определение МПП — это устройство, в корпусе которого совмещены функции хранения и подачи огнетушащего порошка при воздействии исполнительного импульса на пусковой элемент. МПП по времени действия (продолжительности подачи огнетушащего порошка) подразделяют на модули [3]:

- быстрого действия — импульсные (И), с временем действия до 1 с;
- кратковременного действия (КД-1), с временем действия от 1 до 15 с;
- кратковременного действия (КД-2), с временем действия более 15 с.

МПП кратковременного действия

Технические данные модулей порошкового пожаротушения кратковременного действия представлены в табл. 1, общий вид — на рис. 1.

В установках порошкового пожаротушения, построенных на основе МПП кратковременного действия, огнетушащий порошок, в большинстве случаев, подается на тушение через распределительную сеть трубопроводов. Следовательно, в таких установках необходимо применять порошки с относительно низкими показателями дисперсности. Однако, согласно данным работ [4], в лабораторных условиях эти порошки будут иметь относительно низкую огнетушательную способность. Кроме того, модули кратковременного действия имеют длительное время быстрого действия (затрачивается время на подачу выталкивающего газа в сосуд с порошком, псевдооживление порошка, прохождение газопорошковой смеси по трубопроводам) — таковы основные недостатки установок с МПП кратковременного действия. Их основным достоинством является высокая надежность тушения пожара за счет относительно длительного времени действия. Как видно из тактико-технических данных МПП кратковременного действия, представленных в настоящей статье, время их действия составляет 5–30 с. Проведенные натурные эксперименты показывают, что тушение пожара такими модулями наступает через 2–8 с после начала подачи порошка. В дальнейшем происходит охлаждение конструкций огнетушащим порошком, что исключает повторное воспламенение горючих веществ.

Трубопроводные системы порошкового пожаротушения на основе модулей кратковременного действия целесообразно применять для защиты крупных промышленных объектов, где требуется подача порошка на большие высоты, имеется необходимость его подачи под различными углами и т.д.

Таблица 1. Технические характеристики МПП кратковременного действия

Торговая марка модуля	Вместимость корпуса, л	Масса огнетушащего порошка, кг	Время действия модуля, с	Огнетушащая способность для пожаров класса В			Производитель
				защищаемая площадь, м ²	защищаемый объем, м ³	максимальный ранг очага класса В	
“БиКат-01”	–*	0,14	1,5–2,0	–	–	–	ООО “НПК “Системы безопасности”, г. Бийск
“БиКат-3”	–	3	2–3	7	–	89В	
“БиКат-5”	–	5	2–3	15	–	233В	
“БиКат-10”	–	10	2–3	30	–	233В	
“Веер-1”	5	4,5	3–4	17	31	55В	ЗАО ПО “ЭЛЛА”, г. Бийск
“Веер-2”	5	4,5	3–4	24	35	55В	
“Веер-3”	2	1,5	3–4	5 (кл. А)	8 (кл. А)	8В	
“Веер-4”	8	8	3–4	28	53	144В	
МПП-100 “Лавина”	100	80	25	40	100	55В	ООО “НТК Пламя”, г. Реутов
“Шквал”	5	4	1–4	10	10	34В	
ОПАН-25	25	20	3	35	–	–	ООО “Техномаш-сервис”, г. Пермь
ОПАН-50	50	40	20	30	80	233В	
ОПАН-100	100	80	30	60	160	233В	
“Буран-15”	15	12	10	12	30	–	ЗАО “Эпос-Интеф”, г. Санкт-Петербург
“Буран-50”	50	40	25	36	90	–	
“Ураган-1М”	6,5	6	2–6	25	36	–	ООО ПК “Сибирский Проект”, г. Новосибирск
“Ураган-4”	4	3,6	2–6	10	10	–	
МПП-5 “Луч”	5	4,1	15	7	10	34В	ООО “Технос-М+”, г. Нижний Новгород
МПП-10 “Луч”	10	8,7	15	14	20	34В	
“Бизон-П55”	6,4	6	15	–	25	13В	ЗАО “Каланча”, г. Сергиев Посад
“Импульс-6”	–	6	2–5	20	–	233В	ООО “СПБ — Средства пожарной Безопасности”, г. Москва

* Нет данных.

МПП импульсного действия

В табл. 2 приведены технические характеристики МПП импульсного действия, на рис. 2 — их внешний вид. Рассмотрим основные достоинства и недостатки МПП импульсного действия.

Согласно [5] линейная скорость распространения пожара в первые 5 мин его развития увеличивается в два раза, к тому же в большинстве случаев в первые минуты развитие пожара происходит по круговой схеме (пока фронт горения не достигнет вертикальной ограждающей конструкции (стена, перегородка, противопожарный занавес и т.д.)). В этом случае площадь пожара будет определяться как:

$$S_n = \pi R_n^2; \quad (1)$$

$$R_n = \int_0^{\tau_n} v_n dt_n, \quad (2)$$

где S_n — площадь пожара, м²;

R_n — радиус пожара, м;

v_n — линейная скорость распространения пожара, м/мин;

τ_n — время развития пожара, мин.

Из вышеизложенного следует, что скорость нарастания площади пожара находится в прямой квадратичной зависимости от времени его распространения. Очевидно, что именно обнаружение и ликвидация пожара на ранней стадии его развития являются приоритетными направлениями пожаротушения. При этом объекту наносится минимальный ущерб и снижается угроза жизни и здоровью людей и животных.

Итак, определены преимущества ликвидации пожара на его “зародышевой” стадии. Данные свойства присущи импульсным модулям и являются их основными преимуществами перед другими МПП. К тому же импульсные МПП обладают высокой огнетушащей способностью за счет значительной ин-

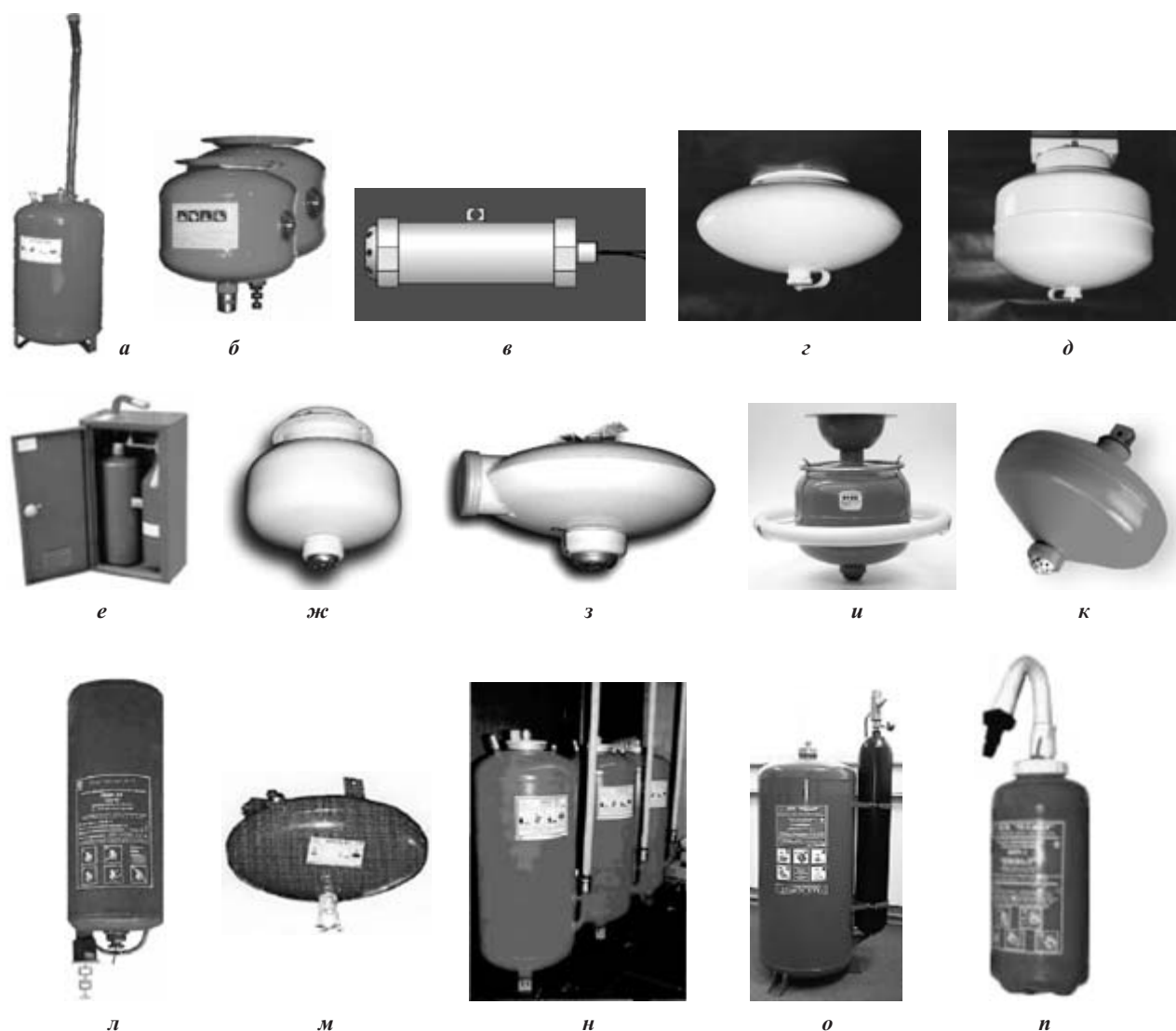


Рис. 1. Модули порошкового пожаротушения кратковременного действия: *а* — “Буран-50”; *б* — “Буран-15”; *в* — “БиКат-01”; *г* — “БиКат-3”; *д* — “БиКат-10”; *е* — “Бизон-П155”; *ж* — “Веер-1”; *з* — “Веер-3”; *и* — “Импульс-6”; *к* — “Ураган-1М”; *л* — МПП-10 “Луч”; *м* — ОПАН-25; *н* — ОПАН-100; *о* — МПП-100 “Лавина”; *п* — “Шквал”

тенсивности подачи порошка и, следовательно, мгновенного его накопления в объеме пламени. Кроме того, при импульсном внесении огнетушащего состава в очаг горения помимо обычного тушащего воздействия масса огнетушащего порошкового состава дополнительно усиливает это воздействие за счет своих кинетических параметров. Следующее преимущество импульсных МПП перед МПП кратковременного действия — отсутствие системы трубопроводов и, как следствие, низкая металлоемкость, возможность применения мелкодисперсных порошков, обладающих высокой огнетушащей способностью.

Далее рассмотрим основные недостатки импульсных порошковых модулей. Вновь обратившись к тактико-техническим данным импульсных модулей, отметим короткое время их действия. В резуль-

тате квазимгновенного выхода порошка из модуля в защищаемой зоне создается высокая концентрация огнетушащего вещества на время не более 1 с. Таких условий достаточно для ликвидации горения, так как согласно данным источника [6] для прекращения процесса горения достаточно в объеме пламени создать концентрацию порошка, выше огнетушащей, на десятые доли секунды. Однако в следующие секунды концентрация порошка будет снижаться и, при условии наличия конструкций, нагретых выше температуры воспламенения горючих материалов, возможно повторное возгорание.

МПП импульсного действия применяются для защиты небольших помещений различного назначения (промышленные объекты, складские помещения, жилые комплексы, гаражные боксы, элект-

Таблица 2. Технические характеристики МПП импульсного действия

Торговая марка модуля	Вместимость корпуса, л	Масса огнетушащего порошка, кг	Время действия модуля, с	Огнетушащая способность для пожаров класса В			Производитель
				защищаемая площадь, м ²	защищаемый объем, м ³	максимальный ранг очага класса В	
“Тунгус-0,65”	0,65	0,49	< 1	1,2	1,2	8В	ЗАО “Источник Плюс”, г. Барнаул
“Тунгус-2”	2,2	1,8	< 1	6	8	55В	
“Тунгус-4”	4,3	4	< 1	16	–*	233В	
“Тунгус-6”	6,5	6	< 1	25	33	233В	
“Тунгус-9”	9	8,6	< 1	33	42	233В	
“Тунгус-10”	9,2	9,5	< 1	18,3	75	233В	
“Тунгус-24”	24	22	< 1	58	–	233В	
МПП-6 “Смерч”	6	5,7	< 1	18	18	55В	ООО “НТК Пламя”, г. Реутов
“Ураган-3”	–	3	< 1	14	14	–	ООО ПК “Сибирский Проект”, г. Новосибирск
“Ураган-5М”	–	5,5	< 1	40 (кл. А)	–	–	
“Бурани-0,3”	0,33	0,3	0,1	1	1,2	8В	ООО “Эпос 1”, г. Москва
“Бурани-0,5”	0,55	0,48	0,5	2	2	13В	
“Бурани-2,5”	2,5	1,95	0,5	7	16	34В	
“Бурани-8”	7,8	7	< 1	21	42	233В	
“Пион”	0,5	0,5	0,5	1,5	2,8	5В	ООО “НПФ “Норд”, г. Пермь
“Вулкан-1”	1,4	1,49	0,1	5,2	9	21В	ЗАО НПФ “Спецэнергомеханика”, г. Москва
“Гарант-12”	12	10,8	< 1	25	50	233В	ООО “Этернис”, г. Москва

* Нет данных.

рические шкафы). Благодаря своим небольшим размерам и эстетичной форме данные изделия удачно вписываются в интерьер офисных, торговых и других подобных помещений. Уникальность МПП импульсного действия заключается в возможности их использования для защиты транспортных средств.

Для более наглядного представления характеристик модулей по подаче порошка построим график зависимости интенсивности подачи порошка от времени тушения (рис. 3). Данный график условно можно разделить на две полуветви (пунктирная линия). Левая полуветвь относится к модулям импульсного действия, правая — кратковременного действия. Анализ графика показывает, что хотя модули импульсного типа при большой интенсивности подачи обеспечивают быстрое тушение, у них уже не остается достаточного запаса порошка для поддержания уровня безопасности в течение какого-либо времени (как уже было сказано выше). У установок кратковременного действия, трубопроводных в частности, значительное время затрачивается на создание условий для начала выхода

порошка (движение по трубам до распылителей, набор давления внутри модуля), отмечается более длительное заполнение защищаемого объекта огнетушащим порошком, зато запас порошка позволяет в течение значительного времени поддерживать в помещении должный уровень безопасности. Таким образом, по мнению авторов статьи, представляет интерес использование комбинированной установки или создание устройства, режим работы которого описывался бы полной кривой, а не одной из полуветвей представленного на рис. 3 графика.

Подводя итоги, отметим следующее:

1. Успешное распространение порошковых АУПТ на рынке автоматических средств пожаротушения, появление новых установок импульсного действия.
2. Основные недостатки МПП кратковременного действия — это их относительно низкая огнетушащая способность и длительное время быстроедействия, импульсного действия — отсутствие запаса порошка для поддержания уровня безопасности от повторного воспламенения.



Рис. 2. Модули порошкового пожаротушения импульсного действия: *а* — “Буран-0,3”; *б* — “Буран-0,5”; *в* — “Буран-2,5”; *г* — “Буран-8”; *д* — “Вулкан-1”; *е* — “Гарант-12”; *жс* — МПП-6 “Смерч”; *з* — “Тунгус-0,65”; *и* — “Тунгус-2”; *к* — “Тунгус-4”; *л* — “Тунгус-9”; *м* — “Тунгус-10”; *н* — “Тунгус-24”; *о* — “Ураган-3”; *п* — “Ураган-5М”

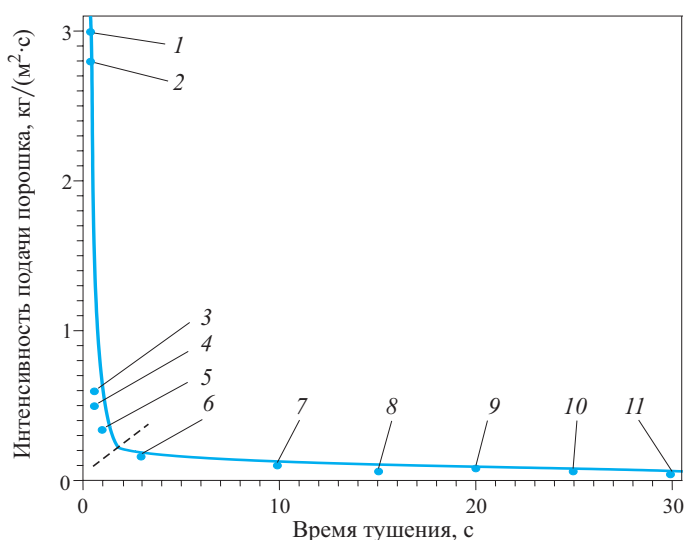


Рис. 3. График зависимости интенсивности подачи порошка от времени тушения для различных типов модулей: *1* — “Буран-0,3”; *2* — “Вулкан-1”; *3* — “Пион”; *4* — “Буран-2,5”; *5* — “Буран-8”; *6* — “БиКат-10”; *7* — “Буран-15”; *8* — МПП-10 “Луч”; *9* — ОПАН-50; *10* — “Буран-50”; *11* — ОПАН-100

3. Одним из путей взаимного исключения указанных недостатков может стать комбинация в од-

ной установке модулей кратковременного и импульсного действия.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Баратов, А. Н.** Горение — Пожар — Взрыв — Безопасность / А. Н. Баратов. — М.: ВНИИПО, 2003. — 364 с.
2. **Вайсман, М. Н.** Порошковое пожаротушение / М. Н. Вайсман, В. А. Кушук // Юбилейный сборник трудов ВНИИПО. — М.: ВНИИПО, 1997. — 539 с.
3. **ГОСТ Р 51091–97.** Установки порошкового пожаротушения автоматические. Типы и основные параметры.
4. **Баратов, А. Н.** Огнетушащие порошковые составы / А. Н. Баратов, Л. П. Вогман. — М.: Стройиздат, 1982. — 72 с.
5. **Теребнев, В. В.** Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений / В. В. Теребнев. — М.: ПожКнига, 2004. — 248 с.
6. **Краснянский, М. Е.** Порошковая пожаровзрывозащита / М. Е. Краснянский. — Донецк, 1994. — 152 с.

Поступила в редакцию 22.11.07.

Издательство «Пожнаука» уже более 10-ти лет выпускает разнообразную справочную, нормативную и научно-техническую литературу по пожарной безопасности для специалистов, работающих в сфере обеспечения пожарной безопасности.

ПОЖНАУКА Издательство

Журналы «Пожаровзрывобезопасность» и «Пожарная безопасность в строительстве»

С 1992 года издательство «Пожнаука» выпускает журнал «Пожаровзрывобезопасность». Периодичность журнала - 6 номеров в год. В статьях журнала рассматриваются теоретические вопросы и способы практического обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений, технологических процессов и оборудования, современные средства и способы пожаротушения. В рамках проекта «Пожарная безопасность в строительстве» выпускается приложение к журналу, посвященное современным огнестойким и огнезащитным материалам и конструкциям, новым разработкам и технологическим решениям, а также проблемам противопожарного нормирования.

E-mail: firepress@gmail.com,
firescience@pisem.net
109052, Москва, ул. Смирновская, дом 1А

Научная, справочная и учебная литература

СРЕДСТВА ОГНЕЗАЩИТЫ
ОГНЕТУШИТЕЛИ

Пожнаука ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ



Д-р техн. наук, профессор,
директор НТК НПО "Пульс"
Е. А. Мешалкин



Руководитель проекта
НТК НПО "Пульс"
П. М. Шевченко

УДК 614.842

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТОК ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ ТОНКОРАСПЫЛЕННОЙ ВОДОЙ

Рассматриваются широко применяемые в настоящее время средства тушения пожаров тонкораспыленной водой (ТРВ): водные огнетушители, оросители различного исполнения, АУПТ и пожарные стволы; даются их основные параметры. Приводятся преимущества изделий ТРВ по сравнению с другими имеющимися на вооружении пожарных подразделений газовыми и порошковыми системами. Освещаются практическая значимость и перспективы разработок средств пожаротушения ТРВ.

Введение

В настоящее время в числе наиболее перспективных направлений по противопожарной защите объектов различного назначения находится применение средств тушения пожаров тонкораспыленной водой (ТРВ). Особенно актуально их использование на объектах, где требуется высокая эффективность тушения, имеются ограничения по водоснабжению и актуальна минимизация ущерба от использования воды.

Спрос на оборудование ТРВ растет с каждым годом и значительно превышает возможности существующих производителей. Широкое применение нашли модульные установки тонкораспыленной воды, водные и воздушно-эмульсионные огнетушители тонкораспыленной воды. Все чаще используются автоматические установки пожаротушения (АУПТ) тонкораспыленной водой.

Чем же вызвано такое внимание к тонкораспыленной воде?

Главное достоинство тонкораспыленной воды — это объемно-поверхностный способ тушения пожаров, который позволяет быстро ликвидировать пламенное горение практически всех веществ, за исключением бурно реагирующих с водой с выделением горючих газов и тепловой энергии. ТРВ, как никакое другое огнетушащее вещество, обладает способностью к охлаждению горящих веществ ниже температуры воспламенения и уменьшению концентрации кислорода в зоне горения парами воды ниже уровня устойчивого горения. Небольшие добавки к тонкораспыленной воде пленкообразующих огнетушащих веществ способствуют прекращению доступа паров в зону горения за счет

создания из них изолирующего слоя при ликвидации горения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

Доступность воды, экологическая чистота, безопасность и высокая огнетушащая эффективность в тонкораспыленном состоянии — основные причины возрастающего на нее спроса в качестве огнетушащего вещества.

Вместе с тем имеются условия, при которых применение тонкораспыленной воды неэффективно вследствие отсутствия необходимого оборудования для ее доставки в зону горения.

Тонкораспыленной водой в соответствии с НПБ 88–2001* считается распыленная вода со средним диаметром капель не более 150 мкм. В других странах нет единого понятия тонкораспыленной воды. Например, оросители тонкораспыленной воды типа AquaMist дают распыл: АМ 10 — менее 340 мкм; АМ 4 — менее 220 мкм; АМ 25 — менее 450 мкм. Все перечисленные оросители считаются оросителями тонкораспыленной воды. Стоимость таких оросителей составляет около 1000 руб.

В России оросители ТРВ выпускаются ЗАО "Спецавтоматика" (г. Бийск), ЗАО "МЭЗ Спецавтоматика" (г. Москва), ООО "ГЕФЕСТ" (г. Санкт-Петербург). Дисперсность капель воды, полученных из таких оросителей, составляет около 150 мкм при давлении от 0,6 МПа и выше. Их стоимость колеблется в пределах от 400 до 1000 руб. Оросители тонкораспыленной воды, разработанные НПО "Пульс", образуют тонкораспыленную воду дисперсностью до 100 мкм, что выгодно отличает их от вышеперечисленных изделий.

Преимущества тонкораспыленной воды:

- возможность тушения практически всех веществ и материалов, в том числе пирофорных, за исключением веществ, реагирующих с водой с выделением тепловой энергии и горючих газов;
- высокая эффективность тушения, обусловленная повышенным охлаждающим эффектом за счет высокой удельной поверхности капель, равномерным действием воды непосредственно на очаг горения, снижением концентрации кислорода и разбавлением горючих паров и газов в зоне горения парами воды;
- защитный эффект от воздействия лучистого тепла на людей, несущие и ограждающие конструкции и соседствующие горючие материалы;
- поглощение и удаление токсичных газов и дыма при развитии пожара в помещениях;
- незначительный ущерб от использованной воды;
- экологическая чистота и безопасность для людей;
- минимальные объемы воды, что особенно важно для мест с ограниченным ее потреблением;
- простота монтажа АУПТ тонкораспыленной воды;
- возможность применения для тушения пожаров архивов, музеев, серверных, оборудования, находящегося под напряжением (при соблюдении правил техники безопасности).

С целью предоставления услуг по противопожарной защите объектов НПО «Пульс» проводится работа по исследованию способов тушения пожаров тонкораспыленной водой, разработке пожарного оборудования для получения ТРВ и рекомендаций по применению, сертификации и патентованию новых разработок, к которым относятся: водные огнетушители, оросители различного исполнения, АУПТ и пожарные стволы ТРВ.

Состояние научно-конструкторских разработок Огнетушители тонкораспыленной воды

Огнетушители тонкораспыленной воды относятся к первичным средствам пожаротушения, важность которых огромна. Так, число пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения, составляет около 20% в крупных городах и около 35% в целом по стране. В настоящее время завершена разработка и проведена сертификация водных огнетушителей ОВ-8(з)-А и ОВ-8(з)-АВ (рис. 1), организовано их производство и продажа. Осуществляются испытания морозостойких водных зарядов, что позволит значительно расширить область применения огнетушителей ТРВ. Прежде всего их можно использовать в дачных и садоводческих неотапливаемых домах, складских и производственных помещениях.



Рис. 1. Водный огнетушитель ОВ-8(з)-АВ

Преимущества огнетушителей тонкораспыленной воды:

- высокая эффективность тушения;
- безопасность (использование нетоксичных и безопасных огнетушащих веществ);
- технологичность (простота обслуживания и перезарядки, многократность применения);
- практичность (гарантийный срок эксплуатации — не менее 10 лет с учетом перезарядки; доступность огнетушащего состава: вода с огнетушащими добавками);
- тушение электрооборудования и установок, находящихся под напряжением, с соблюдением следующих мер безопасности: тушение оборудования и установок под напряжением до 1 кВ производить с расстояния не менее 1 м, свыше 1 кВ — не менее 3 м; не направлять струю на открытые контактные группы; тушение осуществлять с использованием диэлектрических галош, сапог и перчаток.

С целью популяризации и внедрения водных огнетушителей проводится их испытание по тушению реальных пожаров. Для этого водные огнетушители были поставлены на вооружение в пожарные части г.г. Москва, Санкт-Петербург, Балашиха и Реутов Московской области. Первые отзывы практических работников позволили выявить некоторые закономерности по применению огнетушителей ТРВ, оценить положительные стороны и недостатки, определить направления дальнейшего их усовершенствования.

Испытания подтвердили высокую эффективность водных огнетушителей по тушению пожаров твердых и жидких материалов и, особенно, электрооборудования, находящегося под напряжением.

Наибольшая эффективность водных огнетушителей, вывозимых на пожарных автомобилях, достигается при тушении очага горения в производственных помещениях с небольшой горючей нагрузкой и на открытой местности, а также пожаров автомобилей. При тушении пожарными подразделениями развившихся пожаров в квартирах жилых зданий или офисных помещениях запаса заряда водных огнетушителей недостаточно для ликвидации таких пожаров, а неудобства, связанные с переноской огнетушителей, ограничивают их использование.

В качестве первичных средств пожаротушения огнетушители ТРВ являются наиболее эффективными и универсальными. Вместе с тем, незнание некоторыми пользователями особенностей тушения пожаров тонкораспыленной водой оказывает влияние на эффективность тушения, а несоблюдение техники безопасности может привести к тяжелым последствиям. Главной особенностью водных огнетушителей ОВ-8(з) является то, что на выходе из распылителя струя воды достаточно компактна, обладает высокой энергией, а тонкий распыл воды образуется на расстоянии около 1 м от распылителя. Так как тонкораспыленная часть струи наиболее эффективна, то и тушение необходимо начинать с расстояния не менее 1 м. Учитывая легкость тонкораспыленной струи, тушение необходимо осуществлять только с наветренной стороны, подавая тонкораспыленную воду в нижнюю часть факела пламени.

Огнетушители ТРВ являются наиболее универсальными и им следует отдавать предпочтение, если возможны комбинированные очаги пожара. На объектах с повышенной взрывопожарной опасностью и высокой степенью электростатической искроопасности не допускается применять порошковые и углекислотные огнетушители с насадками и раструбами из диэлектрических материалов ввиду возможности накопления на них зарядов статического электричества. В этом случае водные огнетушители с распылителями, изготовленными из цветных металлов, незаменимы. Тушение пожаров в электроустановках осуществляется после снятия напряжения с горячей и соседних установок. Когда это сделать невозможно, допускается тушение их под напряжением с соблюдением мер безопасности, указанных выше.

Практически все производственные здания и сооружения категорий А, Б и В по пожарной и взрывопожарной опасности площадью более 300 м² подлежат защите АУПТ, при этом нормами не оговаривается, какие именно установки в зависимости от огнетушащего средства следует применять. Если горючие материалы не распределены по всей площади, а сосредоточены на отдельных участках, то

предпочтительнее локальное пожаротушение с использованием модульных установок пожаротушения и передвижных водных огнетушителей (для помещений с постоянным пребыванием людей) в качестве компенсирующих мероприятий.

Исходя из вышеизложенного сотрудниками НПО “Пульс” планируется:

- 1) разработать и провести сертификацию новых водных огнетушителей ОВ-4(з)-АВ;
- 2) приступить к разработке водных огнетушителей ОВ-2(з)-А и ОВ-2(з)-АВ для оснащения автомобилей и передвижных водных огнетушителей ОВ-50(з)-АВ, ОВ-100(з)-АВ для локального тушения пожаров с последующей их сертификацией.

Оросители тонкораспыленной воды

Для тушения пожаров тонкораспыленной водой используются дренчерные и спринклерные автоматические установки пожаротушения, модульные установки тушения пожаров тонкораспыленной водой, пожарные стволы тонкораспыленной воды и водные огнетушители.

Поскольку спринклерные АУПТ тонкораспыленной воды имеют очень ограниченное применение, как правило в небольших герметичных помещениях, рассмотрим более подробно дренчерные установки.

Основным устройством для получения тонкораспыленной воды в дренчерных автоматических и модульных установках пожаротушения, стволах ТРВ и водных огнетушителях являются оросители и распылители воды.

В 2006 г. НПО “Пульс” сертифицированы оросители тонкораспыленной воды щелевые горизонтальные ДБS1–ЩГ0,04-R1/2/В3-“ШИП” (в дальнейшем — “ШИП”) и оросители тонкораспыленной воды вертикальные ДБS0–ПН00,025-R1/2/В3-“ШИК” (в дальнейшем — “ШИК”). Однако их внедрение на реальных объектах сдерживается отсутствием практики применения. Для начала предстоит разработать рекомендации по их использованию, в которых будут отражены параметры и методы пожаротушения применительно к различным условиям.

Исходные данные на проектирование дренчерных установок пожаротушения с применением оросителей ТРВ типа “ШИК” и “ШИП” определяются из гидравлических характеристик оросителей и требований полного перекрытия зонами орошения защищаемой площади. Необходимость сказанного обусловлена механизмом тушения пожаров тонкораспыленной водой, рассмотрение которого подразумевает несколько вариантов тушения:

- оросителями “ШИК” и “ШИП” в замкнутом пространстве с высокой среднеобъемной температурой;

- оросителями “ШИК” и “ШИП” в замкнутом пространстве с незначительным повышением среднеобъемной температуры;
- оросителями “ШИП” на открытом пространстве;
- комбинированными спринклерными оросителями;
- комбинированными дренчерными оросителями.

Щелевые горизонтальные оросители типа “ШИП” (рис. 2) уже нашли применение в качестве распылителей для водных огнетушителей. Они же являются основой для стволов тонкораспыленной воды. Данные оросители не имеют аналогов. Щелевые дренчерные оросители, изготавливаемые фирмой “Спецавтоматика” (г. Бийск) и применяемые в установке тушения мусоропроводов, имеют значительно более низкую дисперсность распыла и меньшую эффективность тушения.

Дренчерные оросители с дефлектором типа “ШИК” (рис. 3) образуют тонкораспыленную струю воды со средним диаметром капель 60–90 мкм при давлении, не превышающем 0,3 МПа, что позволяет производить тушение с очень высокой эффективностью.

Основные параметры и размеры оросителей “ШИК” приведены в табл. 1.

Из известных зарубежных оросителей тонкораспыленной воды можно отметить оросители финской системы HI-FOG компании “Marioff Corporation”, которая позволяет образовать тонкораспыленную воду дисперсностью около 50 мкм под высоким давлением (свыше 2,5 МПа). Аналогичная система разработана французской фирмой “Kidde Deugra”. Оросители, используемые в указанных системах, отдельно не продаются, а только в составе системы.

Отдельно можно приобрести спринклерные и дренчерные оросители тонкораспыленной воды фирмы “Grinel”. Данные оросители применяются при давлении не менее 0,8 МПа и образуют струи с дисперсностью капель более 150 мкм, т.е. по принятой в НПБ 88–2001* классификации не являются оросителями тонкораспыленной воды.

По сравнению с изделиями типа “ШИК” эффективность указанных оросителей в четыре раза ниже. Так, огнетушащая критическая интенсивность оросителей “ШИК” составляет всего 0,01 л/(с·м²), остальных — не менее 0,04 л/(с·м²). Применение оросителей “ШИК” в автоматических установках тушения пожаров тонкораспыленной водой позволит уже в ближайшее время заменить существующие водяные установки пожаротушения и принести значительный экономический эффект.

При пожаре в замкнутом пространстве, когда источник горения достаточно мощный, среднеобъемная температура быстро повышается. Ввиду вы-



Рис. 2. Щелевые горизонтальные оросители типа “ШИП”



Рис. 3. Дренчерные оросители с дефлектором типа “ШИК”

Таблица 1. Основные параметры и размеры оросителей “ШИК”

Параметр	Норма при высоте установки оросителя 2,5 м
Рабочее давление, МПа, не менее:	
минимальное	0,3
максимальное	1,0
Нормированная форма и размеры защищаемой площади при минимальном давлении, м ² , не менее	Окружность, 7,0
Коэффициент производительности, не менее	0,025
Расход при минимальном давлении, л/с	0,140
Интенсивность орошения при минимальном давлении, л/(с·м ²), не менее	0,01
Габаритные размеры, мм, не более:	
высота	84
диаметр	30
Масса, г, не более	155
Условный диаметр выходного отверстия, мм	4
Средний диаметр капель в потоке, мкм, не более	60

сокой дисперсности вода, получаемая при помощи оросителей ТРВ, попадая в объем замкнутого пространства с повышенной температурой, практически сразу превращается в пар и, смешиваясь с неиспарившейся водой и газообразными продуктами сгорания, образует газопароводяную смесь, которая заполняет весь объем помещения и ликвидирует пламенное горение. Дальнейшая подача воды прекращает горение тлеющих материалов, осаждает продукты сгорания и охлаждает нагретые поверхности. При этом эффективность оросителей “ШИК” значительно выше оросителей “ШИП”. Однако в отдельных случаях, учитывая технологические сложности при прокладке водопровода и установке оросителей, предпочтение следует отдавать оросителям “ШИП”.

Основные параметры и размеры оросителей “ШИП” приведены в табл. 2.

При тушении пожаров системами с оросителями “ШИК” и “ШИП” в замкнутом пространстве с незначительным повышением среднеобъемной температуры внутри помещения возможны два варианта. При первом варианте, когда помещение небольшое, а источник пожара недостаточно мощный, тушение не представляет сложности. Ввиду слабых конвективных потоков тонкораспыленная вода, достигнув пламени, испаряется, происходит охлаждение и разбавление парами зоны горения и

пожар ликвидируется. При втором варианте источник горения может быть достаточно мощным, однако помещение настолько большое и высокое, что среднеобъемная температура повышается незначительно. Конвективные потоки при этом настолько велики, что подаваемая на тушение ТРВ уносится ими. В данном случае ликвидация горения может произойти при условии подачи тонкораспыленной воды непосредственно в зону пламени или при заполнении всего объема помещения тонкораспыленной водой, которая будет втягиваться воздушными потоками в зону пламени, постепенно снижая интенсивность горения, уменьшая размеры и ослабляя конвективные потоки. Со временем наступает момент, когда ослабленные конвективные потоки уже не в состоянии уносить падающую сверху тонкораспыленную воду, которая проникает в зону горения и ликвидирует пожар. Время ликвидации таких пожаров зависит от высоты помещения и интенсивности подачи ТРВ. Необходимо определение эмпирических коэффициентов для перерасчета интенсивности в зависимости от высоты помещения.

При тушении пожаров на открытом пространстве использование оросителей с вертикальным расположением типа “ШИК” неэффективно из-за высокой дисперсности. Вся подаваемая на тушение тонкораспыленная вода будет уноситься конвективными потоками или ветром и тушение не будет достигнуто.

Оросители типа “ШИП” образуют менее дисперсную ТРВ, обладающую более высокой кинетической энергией и способную к проникновению в объем факела пламени. К тому же они располагаются горизонтально, что позволяет подавать ТРВ в нижние и средние части факела пламени вместе с приходящими воздушными потоками. Первоначально происходит испарение ТРВ, попавшей в зону пламени, быстрое охлаждение этой зоны и снижение интенсивности горения. Последующие порции ТРВ, попадая в пламя, частично испаряются в зоне пламени и частично на поверхности горения, охлаждая ее. Так происходит до полного прекращения горения. Вместе с тем способность данных оросителей к образованию ТРВ на расстоянии более 1 м от самого оросителя приводит к необходимости подачи ТРВ с расстояния не менее 1 м.

Единственным нормативным актом, определяющим условия применения оросителей ТРВ в автоматических установках пожаротушения тонкораспыленной водой, является разработанное ФГУ ВНИИПО МЧС России “Руководство по определению параметров автоматических установок пожаротушения тонкораспыленной водой”, в котором дана методика определения нормативных интен-

Таблица 2. Основные параметры и размеры оросителей “ШИП”

Параметр	Норма при высоте установки оросителя 2,5 м
Рабочее давление, МПа, не менее:	
минимальное	0,4
максимальное	1,0
Нормированная форма и размеры защищаемой площади при минимальном давлении, м ² , не менее	Эллипс, 15
Коэффициент производительности, не менее	0,04
Расход при минимальном давлении, л/с	0,286
Интенсивность орошения при минимальном давлении, л/(с·м ²), не менее	0,01
Габаритные размеры, мм, не более:	
высота	38,5
диаметр	20,6
Масса, г, не более	56
Условный диаметр выходного отверстия, мм	3,5
Средний диаметр капель в потоке, мкм, не более	100

сивностей и времени подачи ТРВ на тушение различных веществ и материалов.

К сожалению, разработанное Руководство может применяться к дренчерным оросителям ТРВ со значительными ограничениями, так как не учитывает многие особенности способов образования ТРВ и механизмов тушения в зависимости от ее дисперсности, размеров и герметичности помещений, горючей нагрузки, наличия систем вентиляции и многих других факторов. В связи с этим, прежде чем применять тот или иной вид оросителей ТРВ в автоматических установках пожаротушения тонкораспыленной водой, требуется разработка рекомендаций по применению для каждого вида оросителей или ряда оросителей, близких по дисперсности и способам получения ТРВ.

Стволы тонкораспыленной воды

Разработаны два типа насадок для стволов ТРВ, отличающихся размерами и расходными характеристиками. Первый вариант — ствол с расходом 2,25 л/с, второй — 1 л/с (по тонкораспыленной воде) при напоре 0,4 МПа. Изготовлены экспериментальные образцы в количестве пяти штук каждого типа. По одному стволу каждого варианта переданы для эксперимента в пожарную часть № 29 г. Балашихи Московской области. По поступившим отзывам стволы имеют высокую огнетушащую эффективность. Вместе с тем необходима их доработка: стволы следует выполнить комбинированными (возможность подачи компактной струи), насадки изготавливать из более легкого материала. Все имеющиеся пожарные стволы создают какой-либо один вид струи (компактная, распыленная, тонкораспыленная). С учетом высказанных замечаний разработан ствол с комбинированной струей, состоящей из компактной и тонкораспыленной частей, подаваемых одновременно. Такой ствол ТРВ способен образовывать не только комбинированную струю, но и струю с изменяющейся компактной частью, что дает возможность регулировать расход подаваемой на тушение пожара воды в зависимости от стадии тушения и, таким образом, использовать с наибольшей эффективностью огнетушащую способность регулируемой по расходу комбинированной струи с нанесением наименьшего ущерба от пролитой воды.

Базовыми серийными пожарными стволами для изготовления стволов ТРВ приняты РСП-50(А) и СРК-50. Для превращения базовых серийных пожарных стволов в стволы ТРВ достаточно серийные насадки заменить на насадки тонкораспыленной воды. Возможен вариант, при котором производители серийных пожарных стволов будут поставлять их без насадок, а для получения стволов ТРВ

необходимо будет соединить их с насадками тонкораспыленной воды, т.е. осуществить сборку. Также возможен вариант, когда продаются только насадки ТРВ, а покупатель уже самостоятельно комплектует ими серийные пожарные стволы и осуществляет сборку стволов ТРВ (при этом следует учитывать необходимость их сертификации по НПБ 177–99).

Результаты пробных испытаний стволов ТРВ подтвердили перспективность данного направления работы и выявили новые возможности применения тонкораспыленной воды. В частности, использование стволов ТРВ в пожарных кранах позволит пересмотреть требования норм по расходам воды на внутреннее пожаротушение, а применение их на пожарных автомобилях — нормы на наружное пожаротушение, что значительно повысит спрос и перспективы внедрения соответствующих изделий.

Область применения стволов ТРВ весьма широкая. Как отмечалось выше, стволы с расходом 2,25 л/с оказались эффективными при тушении пожаров в помещениях жилых, административных и общественных зданий, для ликвидации неразвившихся пожаров и загораний в производственных зданиях и помещениях. При равном расходе эффективность их намного выше, чем стволов, имеющихся на вооружении пожарных подразделений.

Перспективы

1. Ведется разработка модульных установок пожаротушения тонкораспыленной водой, которые будут значительно дешевле существующих за счет замены сосудов, работающих под высоким давлением, на сосуды, работающие под малым давлением.

2. Значительный интерес представляет разработка пожарных кранов тонкораспыленной воды с применением водокольцевых катушек и стволов ТРВ, а также внутриквартирных устройств тушения пожаров ТРВ. Стволы ТРВ для пожарных кранов и внутриквартирных устройств находятся в стадии доработки с последующей сертификацией и разработкой рекомендаций по их применению и внедрению.

3. Предусматривается разработка комбинированных стволов ТРВ с изменяющимся расходом воды не только компактной, но и тонкораспыленной части струи.

4. Возможность разработки комбинированных оросителей ТРВ, способных одновременно образовывать тонкораспыленную воду различной дисперсности. По центру оросителя образуется тонкораспыленная вода дисперсностью менее 100 мкм, а на периферии — до 130 мкм.

Практическая значимость разработок

Оросители ТРВ могут применяться в АУПТ тонкораспыленной водой и ввиду их высокой эффективности способны, в большинстве случаев, заменить существующие дренчерные автоматические установки водяного пожаротушения. Кроме того, АУПТ ТРВ могут применяться на объектах, где использование водяных установок не рекомендуется (архивы, музеи, серверные, библиотеки и т.п.), и заменить характерные для этих объектов газовые и порошковые АУПТ.

Наряду с преимуществом АУПТ тонкораспыленной воды, определяемым их эффективностью по сравнению с газовыми и порошковыми системами пожаротушения, следует отметить, что они значительно дешевле и по оборудованию, и по огнетушащему средству.

Огнетушители тонкораспыленной воды ОВ-8(з) производятся и имеются в продаже с 2006 г.

Вместе с тем, актуальность применения водных огнетушителей не только не снижается, а наоборот, возрастает. Так, статистика пожаров показывает, что наиболее распространенные порошковые и углекислотные огнетушители емкостью до 5 л по эффективности значительно уступают огнетушителям ТРВ. Применение таких огнетушителей для тушения развившихся пожаров не только неэффективно, но и создает дополнительные сложности при эвакуации людей, в то время как водные огнетушители создают условия для безопасной эвакуации и снижают интенсивность развития пожара.

Стволы ТРВ должны найти широкое применение при оснащении ими пожарных подразделений, поскольку большинство пожаров ликвидируется одним стволом “Б”. По статистике при тушении пожаров расходуется в среднем 200 л/м², в то время как минимально необходимое количество воды для ликвидации пламенного горения составляет всего

1–2 л, т.е. на ликвидацию пламенного горения расходуется не более 1% всей воды. С учетом затрат воды на охлаждение и ликвидацию тления процент полезного использования воды возрастает, но не более чем до 20%, остальная вода просто проливается. Применение стволов тонкораспыленной воды позволяет снизить удельный расход воды до 50 л/м², что в свою очередь приведет к:

- снижению времени тушения пожара и нанесенного им ущерба;
- уменьшению ущерба, причиненного пролитой водой;
- улучшению условий и сокращению времени работы пожарных;
- уменьшению затрат на проектирование и монтаж систем удаления проливов воды при пожаротушении.

Модули тонкораспыленной воды нашли широкое применение для тушения пожаров на объектах различного назначения. Как правило, модули ТРВ устанавливаются в небольших герметичных помещениях и служат для быстрой ликвидации пожара в начальной стадии его развития.

Варианты исполнения модулей ТРВ можно свести к двум основным видам. Первый вид: огнетушащее вещество (вода, вода + добавки) хранится в емкости и при срабатывании модуля выталкивается сжатым газом. Второй вид: огнетушащее вещество также хранится в емкости и подается на тушение с помощью насоса. Конструкции модулей ТРВ могут быть самыми разнообразными. В перспективе намечена разработка модулей с применением оросителей ТРВ, не требующих высокого давления вытесняющего газа, в результате чего емкости для хранения огнетушащего вещества, а в итоге, и сами модули будут значительно дешевле и конкурентоспособнее.

ЛИТЕРАТУРА

1. **ГОСТ Р 51057–2001.** Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний.
2. **ГОСТ Р 51017–97.** Техника пожарная. Огнетушители передвижные. Общие технические требования. Методы испытаний.
3. **ГОСТ 27331–87.** Пожарная техника. Классификация пожаров.
4. **ГОСТ Р 51844–2001.** Техника пожарная. Шкафы пожарные. Общие требования. Методы испытаний.
5. **ISO 3941.** Classification of fires.
6. **ISO 11602.** Fire protection portable and wheeled fire extinguishers selection and installation. Inspection and maintenance.
7. **ППБ 01–03.** Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.
8. **НПБ 88–2001*.** Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования.

9. **НПБ 155–2002.** Техника пожарная. Огнетушители. Порядок постановки огнетушителей на производство и проведения сертификационных испытаний.
10. **НПБ 166–97.** Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации.
11. **НПБ 177–99.** Техника пожарная. Стволы пожарные ручные. Общие технические требования. Методы испытаний.
12. **НПБ 199–2001.** Техника пожарная. Огнетушители. Источники давления. Технические требования пожарной безопасности. Методы испытаний.
13. Пожары и пожарная безопасность в 2002 г.: статистический сборник / Под общ. ред. *Е. А. Серебренникова, А. В. Матюшина*. — М.: ВНИИПО, 2002. — 270 с.
14. Пожары и пожарная безопасность в 2004 г.: статистический сборник / Под общ. ред. *Н. П. Копылова*. — М.: ВНИИПО, 2005. — 139 с.
15. **Карпов, А. П.** Огнетушители. Устройство, испытания, выбор, применение, техническое обслуживание и перезарядка: учебно-методическое пособие / *А. П. Карпов*; под общ. ред. *Н. П. Копылова*. — М.: ВНИИПО, 2003. — 267 с.
16. **Навцень, Н. В.** Применение огнетушителей в производственных, складских и общественных зданиях и сооружениях: рекомендации / *Н. В. Навцень, В. Н. Исавнин, А. В. Матюшин* [и др.]. — М.: ВНИИПО, 1986. — 31 с.
17. Тактика тушения электроустановок, находящихся под напряжением: рекомендации. — М.: ВНИИПО, 1986. — 16 с.
18. **Зозуля, И. И.** Рекомендации по проектированию, созданию и оснащению пунктов технического обслуживания и ремонта переносных порошковых огнетушителей / *И. И. Зозуля, В. В. Коваленко, И. М. Мельниченко* [и др.]. — Киев: КФ ВНИИПО МВД СССР, 1985. — 32 с.
19. **Гусев, И. В.** Токсичность средств газового пожаротушения: обзорная информация / *И. В. Гусев, В. С. Иличкин, С. Ю. Кисельников*. — М.: ГИЦ МВД СССР, 1988. — 37 с.
20. **Пешков, В. В.** Порядок применения пенообразователей для тушения пожаров: инструкция / *В. В. Пешков, С. Ю. Лебедев, В. П. Кузьмин*. — М.: ВНИИПО, 1996. — 28 с.
21. **Баратов, А. Н.** Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справ. изд. в 2-х кн. Кн. 1 / *А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук* [и др.]. — М.: Химия, 1990. — 496 с.
22. Терминологический словарь по пожарной безопасности / Сост. *М. С. Васильев, Н. В. Бородинна*. — М.: ВНИИПО, 2001. — 226 с.

Поступила в редакцию 21.12.07.

Главный инженер ЗАО «ПО «Спецавтоматика»

В. П. Пахомов

Канд. техн. наук, заместитель начальника отдела
ФГУ ВНИИПО МЧС РФ

В. А. Былинкин

УДК 614.842

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПРИНКЛЕРНЫХ УСТАНОВОК ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Рассматриваются автоматические спринклерные установки пожаротушения и их ключевой элемент — спринклерный ороситель. Показаны возможные варианты распределения воды для оросителей разных производителей. Перечисляются требования к оросителям и их основные характеристики, определяемые нормативно-техническими документами, а также установленные ими ограничения на использование оросителей в системах автоматического пожаротушения.

Вода как средство борьбы с огнем сопровождает жизнедеятельность человека с первобытных времен. По совокупности характеристик (высокая огнетушащая способность, экологическая чистота и низкая стоимость) она и сейчас, несмотря на появление все новых типов огнетушащих веществ, находится на первом месте. Для повышения эффективности и увеличения степени автоматизации процесса обнаружения и тушения пожаров было разработано огромное количество устройств и приспособлений, сделано множество изобретений, но самым значимым событием, позволившим создать полностью автоматическую установку пожаротушения (АУПТ), стало изобретение спринклерного оросителя.

С тех пор прошло более ста лет. Под влиянием новых, более жестких требований, предъявляемых к пожарной безопасности, автоматические спринк-

лерные установки непрерывно совершенствуются. Для обеспечения надежности и эффективности работы в систему вводятся резервные насосы, устанавливаются автоматические водопитатели и обратные клапаны, совершенствуются исполнительные механизмы и узлы управления, включаются дополнительные датчики и сигнализаторы срабатывания, прохождения огнетушащего вещества, наличия необходимого давления и требуемого уровня воды. При этом ключевой элемент всей системы — спринклерный ороситель — на первый взгляд остается практически неизменным (рис. 1). Он по-прежнему состоит из термочувствительного запорного устройства, разрушающегося под действием температуры, и розетки, распределяющей воду равномерно по защищаемой площади.

В то же время именно к этому узлу, как наиболее ответственному элементу всей системы, предъявляются новые требования, направленные на повышение эффективности тушения. Для проектировщиков систем автоматического пожаротушения, в том числе и спринклерных, установлены правила применения оросителей, которые изложены в НПБ 88–2001* «Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования». Для производителя спринклерных оросителей обязательна сертификация на соответствие требованиям ГОСТ Р 51043–02.

Важнейшим из числа обязательных для проектирования и перечисленных в НПБ 88–2001* требований является обеспечение необходимой интенсивности орошения защищаемой площади. Ее величина определена для каждой из групп помещений и должна быть обеспечена даже в самых неблагопри-

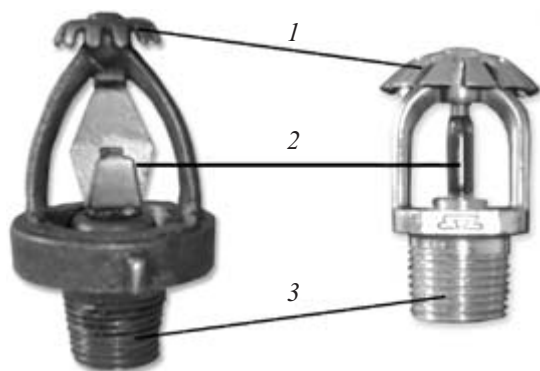


Рис. 1. Оросители начала XX и XXI вв.: 1 — розетка; 2 — термочувствительный элемент; 3 — корпус оросителя

ятных для орошения местах, в том числе и под “диктующим”, т.е. наиболее удаленным оросителем, где вследствие гидравлических потерь в трубопроводах давление воды минимальное. При такой постановке задачи решающее значение имеет не то, какой расход воды обеспечивает ороситель (т.е. каков его коэффициент производительности), а то, что при данных условиях работы должна быть обеспечена требуемая интенсивность орошения по всей защищаемой площади.

На рис. 2 показаны возможные варианты распределения воды у оросителей разных изготовителей, но с одинаковыми коэффициентом производительности и заявленной защищаемой площадью 12 м^2 . Рис. 2, *а* иллюстрирует идеальную работу оросителя, т.е. практически вся вода распределяется равномерно внутри защищаемой площади. В случае, указанном на рис. 2, *б* орошение происходит также равномерно, но значительная часть воды распределяется за пределы защищаемой площади, тем самым снижая интенсивность орошения внутри нее.

Эта особенность встречается достаточно часто у оросителей от западных производителей. Среди их характеристик показатели интенсивности орошения зачастую вообще отсутствуют. Это вызвано различием в методиках, применяемых для расчета АУПТ. Расчет по зарубежной методике выполняется только по коэффициенту производительности оросителя. При этом условно допускается, что вся вода распределяется по защищаемой площади, а это далеко не всегда совпадает с действительностью.

Такое допущение можно принимать только при расчете дренчерных секций АУПТ. В этом случае данный недостаток нивелируется тем, что в процессе тушения участвуют все оросители дренчерной секции, и за счет перекрытия зон орошения рядом стоящих оросителей достигается желаемая интенсивность орошения, как это показано на рис. 3.

В таком случае расчет секции действительно можно вести по коэффициенту производительности оросителя. Однако по статистике, дренчерных секций, разрабатываемых для защиты объекта именно по площади (здесь не берется во внимание применение для водяных завес и других специальных объектов), проектируется не более 5% общего количества, поэтому вернемся к рассмотрению особенностей применения спринклерных оросителей.

Заметим, что при расчете спринклерной секции АУПТ по российским нормам коэффициент производительности используется только для определения реального расхода воды через ороситель. Это необходимо для правильного выбора оборудования, которое обеспечивает данную секцию водой в необходимых количествах.

Столь сильный акцент на обеспечение требуемой интенсивности орошения каждым спринклерным оросителем сделан неслучайно. Согласно статистическим данным, от 10 до 40% пожаров в разные годы были затухены одним единственным спринклерным оросителем. На рис. 4 представлены выборки для трех лет. Количество оросителей приведено нарастающим итогом, т.е. в группу для трех оросителей входят данные для двух и одного оросителя, вскрывшихся при тушении пожаров.

Для определения интенсивности орошения, указанной в НПБ 88–2001*, проводились эксперименты по тушению тестовых очагов пожара, которые представляли собой ограниченный объем горячей древесины или легковоспламеняющейся жидкости. В реальных условиях из-за недостаточной интенсивности орошения процесс может пойти по нежелательному сценарию, когда очаг возгорания начнет стремительно развиваться, увеличивая свою площадь. Конечно, в этом случае через некоторое время начнут срабатывать и другие спринклеры, увеличивая суммарную интенсивность орошения, как в случае с дренчерной секцией. Однако при этом появляется риск, что более мощный очаг возгорания не будет потушен, да и в случае положительного исхода разрушительных последствий бу-

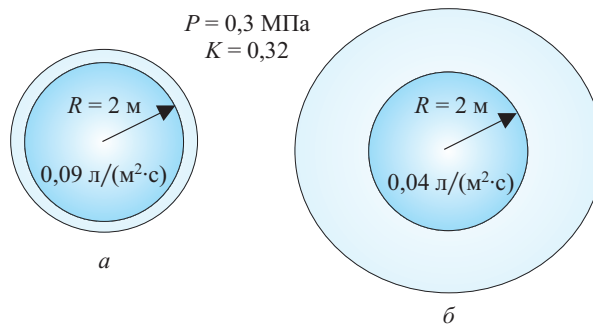


Рис. 2. Варианты распределения воды для оросителей различных производителей

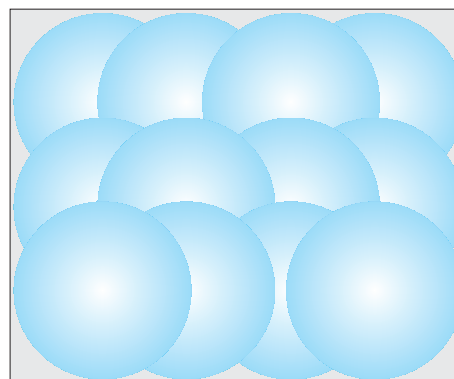


Рис. 3. Работа дренчерной секции

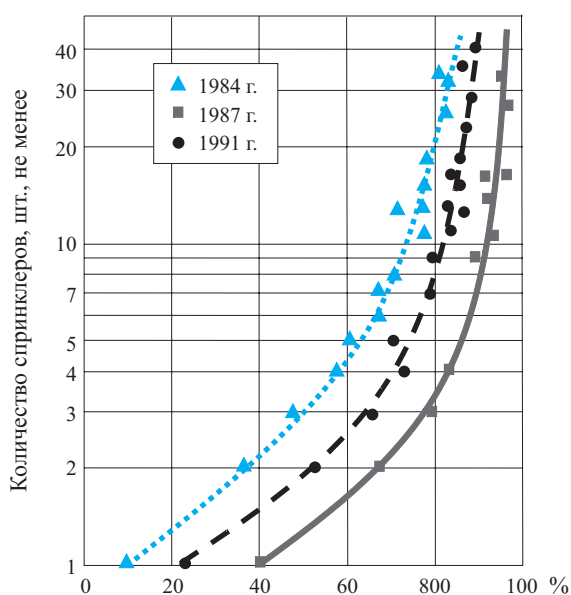


Рис. 4. Количество спринклеров, вскрывшихся при тушении пожаров

дет гораздо больше, причем не только от огня, но и от пролитой воды.

Кроме этого, существует еще одно немаловажное обстоятельство, касающееся обеспечения АУПТ водой. Особенности спринклерной защиты, когда в тушении участвует только часть оросителей, позволяют выполнять расчет оборудования, отвечающего за водоснабжение, не по общей сумме установленных спринклеров, а по части защищаемой площади, которая варьируется от 120 до 360 м² в зависимости от группы помещения.

Цифры, определяющие площадь для расчета, возникли не «с потолка», а на основании статистических данных с использованием допущений о возможности возникновения нескольких очагов возгораний. Также учитывалось множество других ограничивающих факторов. Если обратиться к данным, указанным на рис. 4, то можно увидеть, что более 80% пожаров потушено не более чем десятью спринклерами. Исходя из этого обстоятельства и с учетом максимальной площади, защищаемой одним спринклером — 12 м², и была определена площадь для расчета расхода воды для помещений первой группы — 120 м². Для остальных групп помещений площадь для расчета принималась кратной этой величине в зависимости от пожарной опасности. При этом общая защищаемая площадь может достигать значительных размеров (около 10000 м²) согласно п. 4.11 НПБ 88–2001*, которые устанавливают ограничение в 800 спринклерных оросителей, устанавливаемых в одной секции АУПТ. Все сказанное ведет к возможности значительного снижения установленной мощности пожарных насосов,

уменьшению диаметров трубопроводов и, как следствие, значительному снижению стоимости всей установки.

Однако необходимо помнить, что все вышеперечисленные рассуждения и допущения справедливы только при условии обеспечения расчетной интенсивности орошения одним оросителем. Таким образом, применяя спринклеры, которые не удовлетворяют установленным НПБ 88–2001* нормам по интенсивности орошения, мы вносим дополнительную неопределенность, тем самым многократно повышая риск неудачной работы всей АУПТ.

При использовании оросителя с увеличенной площадью орошения (см. рис. 2, б) у проектировщика может возникнуть желание повысить рабочее давление и тем самым довести орошение до требуемого уровня интенсивности, а заодно и увеличить площадь, защищаемую таким спринклером. Однако в этом случае вступают в силу другие ограничения, установленные НПБ 88–2001*. Так как спринклерный ороситель одновременно является еще и детектором возгорания, то для уменьшения времени, необходимого для обнаружения очага возгорания, максимальное расстояние между оросителями не должно превышать 4 м. Следовательно, спринклерный ороситель с защищаемой площадью больше 12 м² всегда будет избыточным. Применение таких оросителей в проектах, с учетом безусловного выполнения всех требований НПБ 88–2001*, влечет за собой увеличение рабочего давления и расхода воды со всеми вытекающими последствиями по обеспечиваемому оборудованию.

В качестве показателя количественной оценки оросителей по эффективности использования воды для создания требуемой интенсивности орошения можно ввести дополнительную характеристику — коэффициент полезного использования расхода. Этот параметр не указывается в документации на ороситель, но его легко можно получить на основании других данных:

$$\eta_p = q_p / q_u,$$

где q_p — реально достижимая интенсивность орошения, которая определяется экспериментально и должна содержаться в документации на ороситель если не в виде графика, то хотя бы при двух значениях давления — 0,1 и 0,3 МПа;

q_u — идеальная интенсивность, которую можно рассчитать по следующей формуле:

$$q_u = \frac{10K\sqrt{P}}{S},$$

где K — коэффициент производительности оросителя;

P — рабочее давление, МПа;
 S — защищаемая площадь, м².

В общем случае коэффициент полезного использования расхода может быть различным даже для одного и того же оросителя при разных давлениях установки и полностью зависеть от совершенства конструкции и качества изготовления. На рис. 5 продемонстрирована зависимость реальной и идеальной интенсивностей орошения для оросителя СВН-10 от его давления. В таблице приведены сравнительные характеристики оросителей различных производителей (Спецавтоматика, Chang Der и Kaixuan) при давлении 0,1 и 0,3 МПа.

Из таблицы видно, что ороситель СВН-10 существенно превосходит другие оросители по коэффициенту полезного использования расхода, а обеспечиваемая им интенсивность орошения вообще достигается только у оросителей с большим коэффициентом производительности. К сожалению, данные по интенсивности орошения для оросителей других производителей из открытых источников получить не удалось.

Если данные по интенсивности орошения не указаны в характеристиках оросителя или имеют заниженные значения для применения в условиях, определенных НПБ 88–2001*, то для обеспечения полной уверенности в правильности проектного решения необходимо проведение дополнительных испытаний, направленных на определение эффективности тушения модельных очагов пожара в каждом конкретном случае. При этом обязательно должны учитываться все особенности размещения оросителей, в том числе и по высоте, а также пожарная нагрузка помещения.

Хотя коэффициент полезного использования расхода не указывается в основных характеристиках оросителя, косвенным образом это требование определено ГОСТ Р 51043 (п. 5.1.1.3), проверка на соответствие которому является обязательной при прохождении процедуры сертификации. Так, для оросителей с условным диаметром от 10 до 12 мм, согласно требованиям указанного пункта ГОСТ,

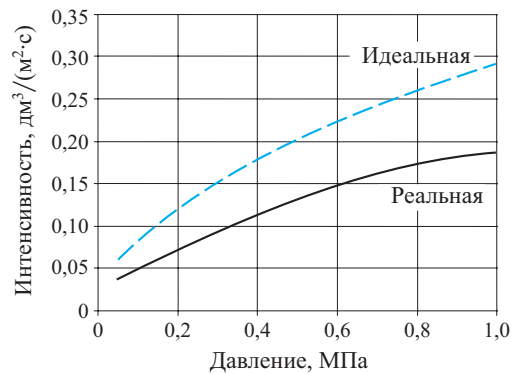


Рис. 5. Зависимость интенсивности орошения от давления оросителя СВН-10

интенсивность орошения должна быть не менее 0,056 л/(м²·с) при давлении 0,1 МПа.

Требования для проектирования, установленные НПБ 88–2001*, являются существенным шагом вперед для повышения общего уровня безопасности. Однако успешное продвижение по этому пути зависит не только от разработчиков норм и проектировщиков, но и от людей, ответственных за приемку систем в эксплуатацию. Лучшим способом проверки работоспособности АУПТ при сдаче ее в эксплуатацию являются, конечно, тестовые испытания. Во время таких испытаний в нескольких наиболее проблемных точках, в том числе и под “диктующим” оросителем, замеряется интенсивность орошения. Но в том случае, если проведение таких испытаний не представляется возможным, экспертам необходимо тщательнейшим образом проверять раздел проектной документации, связанный с расчетом секций АУПТ по интенсивности орошения.

Методика проектирования, основанная на реальных значениях интенсивности орошения, укрепляет уверенность в том, что АУПТ обеспечит надежную защиту объекта независимо от того, ороситель какой фирмы был выбран для применения. В то же время это накладывает дополнитель-

Характеристики оросителей

Ороситель	Производитель	Условный диаметр, мм	Коэффициент производительности	Интенсивность орошения, л/(м ² ·с)		Коэффициент полезного использования расхода	
				Давление, МПа			
				0,1	0,3	0,1	0,3
СВН-10	Спецавтоматика	10	0,35	0,056	0,090	0,60	0,56
СВН-12		12	0,47	0,070	0,115	0,57	0,54
АНД204F	Chang Der	12	0,42	0,026	0,072	0,23	0,37
КХ-СН-10	Kaixuan	10	0,31	0,028	0,042	0,34	0,32
КХ-СН-12		12	0,43	0,056	0,090	0,49	0,46

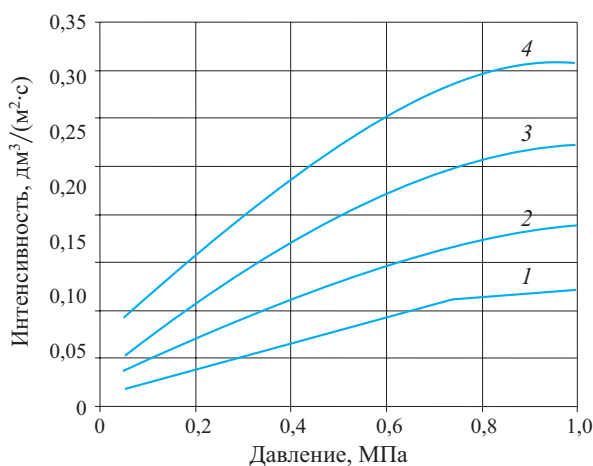


Рис. 6. Зависимость интенсивности орошения от давления для оросителей: 1 — СВН-8; 2 — СВН-10; 3 — СВН-12; 4 — СВН-15

ные обязательства на производителей оросителей по предоставлению информации, необходимой для правильного использования их оборудования, особенно зависимость реальных значений интенсив-

ности орошения от рабочих давлений во всем их диапазоне (рис. 6).

Необходимо заметить, что корректную разработку графиков интенсивности орошения возможно выполнить только с использованием значений, полученных опытным путем. Провести такую работу способно предприятие, располагающее соответствующим оборудованием, методиками и опытом.

Так как оросители различных производителей, несмотря на некоторую внешнюю схожесть, являются по-своему уникальными разработками, и, следовательно, обладают различными характеристиками (как видно из табл. 1), хочется предостеречь от соблазна экстраполяции данных, указанных для конкретного оросителя, на аналогичные. При этом обязательно будет допущена ошибка, которая может стать роковой, что является совершенно недопустимым, особенно в случаях, когда речь идет о сохранности не только имущества, но и человеческих жизней.

Поступила в редакцию 15.01.08.



Издательство ООО “Издательство “Пожнаука”
 тел./факс: (495) 964-30-73
 e-mail: firepress@gmail.com, firescience@pisem.net
 http://www.firepress.ru

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

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

Специализированный журнал “Пожаровзрывобезопасность”

Издается с 1992 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”

Издается 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 (полноцветная): 2-я полоса — 28000 руб. + 1 двухцветная полоса бесплатно
 3-я полоса — 25000 руб. + 1 двухцветная полоса бесплатно
 4-я полоса — 35000 руб. + 2 двухцветные полосы бесплатно
2. Рекламная статья: 1/1 двухцветной полосы — 12000 руб.
3. Статья обзорно-аналитического, проблемного, научно-технического характера — бесплатно.
4. Рекламные наклейки:

Размер модуля	Стоимость модуля, руб.	
	полноцветного	двухцветного
1/1 полосы (215 × 300 мм)	17000	12000
1/2 полосы (190 × 137 мм)	11000	9000

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

Тираж: 10000 экз.

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. Годовая подписка на комплект 2008 г.	2520
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” (архив на CD-диске), номера за 2002–2004 гг. Стоимость электронной версии одного журнала	204
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” с приложением “Пожарная безопасность в строительстве” (архив на CD-диске), номера 2005 г. Стоимость электронной версии одного комплекта	324
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” с приложением “Пожарная безопасность в строительстве” (архив на CD-диске), номера 2006 г. Стоимость электронной версии одного комплекта	349
УЧЕБНЫЕ И СПРАВОЧНЫЕ ИЗДАНИЯ	
А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко. Пожаровзрывоопасность веществ и средства их тушения: Справочник в 2-х т. — М.: Пожнаука, 2004. — 1-й том — 713 с.; 2-й том — 774 с.	2200
Н. Н. Брушлинский, А. Я. Корольченко. Моделирование пожаров и взрывов. — М.: Пожнаука, 2000. — 492 с.	360
Л. П. Пилогин. Обеспечение взрывоустойчивости зданий с помощью предохранительных конструкций. — М.: Пожнаука, 2000. — 224 с.	240
В. М. Ройтман. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. — М.: Пожнаука, 2001. — 382 с.	300
А. Я. Корольченко, Д. В. Трушкин. Пожарная опасность строительных материалов: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2006. — 232 с.	200
В. И. Горшков. Тушение пламени горючих жидкостей. — М.: Пожнаука, 2007. — 268 с.	350

Наименование	Цена руб./экз.
В. Н. Баранин. Экономика чрезвычайных ситуаций и управление рисками. — М.: Пожнаука, 2004. — 332 с.	120
А. Ф. Шароварников, В. Л. Молчанов, С. С. Воевода, С. А. Шароварников. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2006. — 438 с.	350
А. Ф. Шароварников, С. А. Шароварников. Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав. Свойства. Применение: Справочник. — М.: Пожнаука, 2006. — 336 с.	250
М. М. Любимов, С. В. Собурь. Пожарная и охранно-пожарная сигнализация: Справочник в 2-х т. — М.: ПожКнига, 2005. — 1-й т. — 292 с.; 2-й т. — 308 с.	420
В. А. Грачёв, Д. В. Поповский. Газодымозащитная служба: Учебник. — М.: Пожнаука, 2007. — 379 с	380
В. А. Грачёв, С. В. Собурь. Средства и способы защиты органов дыхания: Справочник. — М.: Пожнаука, 2007. — 224 с.	330
В. В. Теребнёв. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений: Справочник. — М.: Пожнаука, 2004.	150
В. С. Родин, О. Н. Найденков, С. В. Собурь. Справочник инспектора пожарного надзора: Справочник в 2-х т. — М.: ПожКнига, 2005. — 1-й т. — 400 с.; 2-й т. — 368 с.	350
СЕРИЯ “СОВРЕМЕННАЯ ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ”	
А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко. Основы пожарной безопасности предприятия. Полный курс пожарно-технического минимума: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2006. — 320 с.	300
А. Я. Корольченко, О. Н. Корольченко. Средства огнезащиты: Справочник. — М.: Пожнаука, 2006. — 258 с.	200
СЕРИЯ “ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА И ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ”	
В. В. Теребнёв, Н. С. Артемьев, А. И. Думилин. Жилые и общественные здания и сооружения: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2006. — 352 с.	320
В. В. Теребнёв, Н. С. Артемьев, В. А. Грачёв, А. В. Подгрушный. Промышленные здания и сооружения: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2006. — 370 с.	320
В. В. Теребнёв, Н. С. Артемьев, А. В. Подгрушный. Здания повышенной этажности: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2006. — 240 с.	300
В. В. Теребнёв, Н. С. Артемьев, А. В. Подгрушный. Объекты добычи, переработки и хранения горючих жидкостей и газов: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2007. — 326 с.	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">НОВИНКА</div> 350

Наименование	Цена руб./экз.
В. В. Теребнёв, Н. С. Артемьев, В. А. Грачёв, О. Ю. Сабинин. Леса, торфяники, лесосклады: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2007. — 358 с.	400
В. В. Теребнёв, Н. С. Артемьев, В. А. Грачёв, А. И. Думилин. Транспорт: наземный, морской, речной, воздушный, метро: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2007. — 382 с.	320
Электронная версия самообучающего учебного пособия по курсу “Пожарная безопасность объекта”. Пособие включает в себя сборник норма- тивных актов по организации и обеспечению пожарной безопасности объектов	1100
Электронная версия учебного пособия по курсу “Пожарная безопасность объекта” , авторы — Корольченко А.Я. и др. Пособие включает в себя сборник нормативных актов по организации и обеспечению пожарной безопасности объектов	450
Электронная версия комплекта типовых инструкций по пожарной безопасности для руководителя предприятия	1000
СЕРИЯ “БИБЛИОТЕКА НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РАБОТНИКА”	
С. В. Собурь. Пожарная безопасность: Справочник. — 2-е изд. (с изм.). — М.: ПожКнига, 2005. — 292 с.	120
С. В. Собурь. Пожарная безопасность промпредприятий: Справочник. — М.: ПожКнига, 2004. — 216 с.	150
С. В. Собурь. Пожарная безопасность складов: Справочник. — М.: ПожКнига, 2004. — 240 с.	150
С. В. Собурь. Пожарная безопасность общественных и жилых зданий: Справочник. — 2-е изд. с доп. и измен. — М.: ПожКнига, 2004. — 224 с.	150
С. В. Собурь. Пожарная безопасность нефтегазохимических предприятий: Справочник. — М.: ПожКнига, 2004. — 432 с.	180
С. В. Собурь. Пожарная безопасность сельскохозяйственных предприятий: Справочник. — М.: ПожКнига, 2004. — 88 с.	45
СЕРИЯ “ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ”	
С. В. Собурь. Пожарная безопасность предприятия. Курс пожарно-технического минимума: Справочник. — М.: ПожКнига, 2006. — 496 с.	250
С. В. Собурь. Краткий курс пожарно-технического минимума: Справочник. — 2-е изд. с доп. и измен. — М.: ПожКнига, 2004. — 304 с.	120
С. В. Собурь. Огнетушители: Справочник. — М.: ПожКнига, 2006. — 96 с.	60
С. В. Собурь. Установки пожаротушения автоматические: Справочник. — М.: ПожКнига, 2004. — 408 с.	200
С. В. Собурь. Установки пожарной сигнализации: Справочник. — 4-е изд. (с измен.). — М.: ПожКнига, 2004. — 296 с.	150
С. В. Собурь. Пожарная безопасность электроустановок: Справочник. — М.: ПожКнига, 2006. — 280 с.	150
С. В. Собурь. Огнезащита материалов и конструкций: Справочник. — М.: ПожКнига, 2004. — 256 с.	150
С. В. Собурь. Предпринимателю о пожарной безопасности предприятия: Справочник. — 2-е изд. с доп. и измен. — М.: ПожКнига, 2004. — 328 с.	120

Наименование	Цена руб./экз.
С. В. Собурь. Заполнение проемов в противопожарных преградах: Справочник. — М.: ПожКнига, 2006. — 187 с.	90
С. В. Собурь. Доступно о пожарной безопасности: Брошюра. — М.: ПожКнига, 2004. — 32 с.	35
СЕРИЯ “ТАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ”	
В. В. Терехнёв, Н. С. Артемьев, В. А. Грачёв. Справочник спасателя-пожарного. — М., 2006. — 528 с.	НОВИНКА 380
В. В. Терехнёв, Н. С. Артемьев, К. В. Шадрин. Основы пожарного дела. — М., 2006. — 328 с., илл.	НОВИНКА 380
В. В. Терехнёв, А. В. Терехнёв. Управление силами и средствами на пожаре: Учебное пособие / Под ред. Е. А. Мешалкина. — М., 2006. — 264 с.	330
В. В. Терехнёв, В. А. Грачёв, А. В. Терехнёв. Организация службы начальника караула пожарной части: Учебное пособие. — М., 2007. — 216 с.	330
В. В. Терехнёв, В. А. Грачёв, А. В. Подрушный, А. В. Терехнёв. Пожарно-строевая подготовка: Учебное пособие. — М., 2004 — 344 с., илл.	
СЕРИЯ “ОХРАНА ТРУДА”	
О. С. Ефремова. Охрана труда в строительстве: Сборник. Ч. 1. — М.: Альфа-Пресс, 2006. — 400 с.	140
О. С. Ефремова. Охрана труда в строительстве: Сборник. Ч. 2. — М.: Альфа-Пресс, 2006. — 468 с.	140
О. С. Ефремова. Охрана труда в строительстве: Сборник. Ч. 3. — М.: Альфа-Пресс, 2006. — 300 с.	140
О. С. Ефремова. Сборник инструкций по охране труда. Ч. 1. — М.: Альфа-Пресс, 2006. — 336 с.	100
О. С. Ефремова. Сборник инструкций по охране труда. Ч. 2. — М.: Альфа-Пресс, 2006. — 320 с.	100
О. С. Ефремова. Сборник инструкций по охране труда. Ч. 3. — М.: Альфа-Пресс, 2006. — 440 с.	100
О. С. Ефремова. Изменения и дополнения в законодательстве об охране труда. — М.: Альфа-Пресс, 2007. — 176 с.	90
О. С. Ефремова. Обучение и инструктирование работников по охране труда. — М.: Альфа-Пресс, 2007. — 160 с.	55
О. С. Ефремова. Охрана труда в организации в схемах и таблицах. — М.: Альфа-Пресс, 2007. — 108 с.	155
О. С. Ефремова. Охрана труда от “А” до “Я”. — 4-е изд. — М.: Альфа-Пресс, 2007. — 516 с.	160
В. П. Ковалев. Система работы с приказами по предприятию специалиста по охране труда и технике безопасности. — М.: Альфа-Пресс, 2006. — 60 с.	60
О. С. Ефремова. Документация по охране труда в организации. — М.: Альфа-Пресс, 2007. — 1366 с.	55
О. С. Ефремова. Журналы по охране труда (комплект из 8 шт.). — 2007.	170
О. С. Ефремова. Аттестация рабочих мест по условиям труда: формы и правила ведения. — М.: Альфа-Пресс, 2007. — 560 с.	126
О. С. Ефремова. Служба охраны труда в организации. — М.: Альфа-Пресс, 2007. — 96 с.	47
О. С. Ефремова. Журналы по охране труда: формы и правила ведения. — М.: Альфа-Пресс, 2007. — 40 с.	47

Наименование	Цена руб./экз.
НОВЫЕ КНИГИ	
<p>А. Я. Корольченко. Процессы горения и взрыва: Учебник. — М.: Пожнаука, 2007. — 266 с.</p> <p>Изложены современные представления о закономерностях процессов возникновения горения, распространения пламени и прекращения горения веществ, находящихся в газообразном, жидком и твердом состояниях. В доступной форме представлены теории самовоспламенения и вынужденного зажигания. Описаны особенности протекания химических процессов в предпламенной зоне, зоне пламени и зоне догорания. Подробно рассмотрен механизм химических превращений при горении водорода, оксида углерода и низших углеводородов. Дан анализ процессов флегматизации и ингибирования пламени, прекращения горения.</p> <p>Описаны показатели, характеризующие пожаровзрывоопасность веществ и материалов в различных агрегатных состояниях, методы расчетного и экспериментального определения этих показателей.</p> <p>Учебник подготовлен на основе курса лекций по дисциплине “Теория горения и взрыва” Московского государственного строительного университета и предназначен для студентов технических ВУЗов, обучающихся по специальностям “Пожарная безопасность”, “Безопасность технологических процессов и производств”, “Безопасность в техносфере”, “Безопасность при чрезвычайных ситуациях”.</p>	400
<p>В. В.Теребнёв, Н. И. Ульянов, В. А. Грачёв. Пожарная техника: Учебное пособие в 2-х т. — М., 2007. — Т. 1. “Пожарно-техническое вооружение. Устройство и применение”. — 328 с.; Т. 2. “Пожарные машины. Устройство и применение”. — 328 с.</p> <p>В книгах приведены основные технические характеристики, устройство и применение насосов, огнетушителей, насосных установок, пожарных рукавов и стволов, рукавной арматуры, ручных пожарных лестниц, ручного и механизированного инструмента, боевой одежды и снаряжения пожарных, средств защиты органов дыхания и зрения, средств спасания. Рассмотрены возможные неисправности ПТВ, их причины и способы устранения.</p> <p>В томе 2 рассмотрены различные виды пожарных машин, их устройство и применение при тушении пожаров.</p> <p>Книга предназначена для специалистов, занимающихся проектированием, изготовлением и эксплуатацией пожарных машин, их постановкой на различные объекты, а также для практических работников, занимающихся пожаротушением. Книга будет полезна курсантам и слушателям учебных заведений пожарно-технического профиля.</p>	500
<p>В. В.Теребнёв, А. В.Теребнёв, А. В. Подгрушный, В. А. Грачёв. Тактическая подготовка должностных лиц органов управления силами и средствами на пожаре: Учебное пособие. — М., 2006. — 304 с.</p> <p>В книге изложены вопросы организации тактической подготовки должностных лиц органов управления силами и средствами на пожаре, изучения района выезда, проведения пожарно-тактических занятий, пожарно-тактических учений, групповых упражнений (деловых игр), использования в тактической подготовке активных методов обучения, а также изучения пожаров и разработки планов пожаротушения.</p> <p>Каждый раздел поясняется план-конспектом или решением конкретной пожарно-тактической задачи. Рассмотрены вопросы психологической подготовки.</p> <p>Книга предназначена для начальствующего состава пожарной охраны, а также для слушателей и курсантов пожарно-технических учебных заведений.</p>	330
<p>Методические рекомендации по пожарно-строевой подготовке. — М., 2007. — 200 с.</p> <p>Методические рекомендации по пожарно-строевой подготовке являются пособием по организации, проведению занятий и обучению личного состава подразделений пожарной охраны правилам (приемам) работы с пожарно-техническим вооружением, пожарным оборудованием, ручным пожарным инструментом, пожарными автомобилями, пожарными спасательными устройствами, средствами индивидуальной защиты пожарных.</p>	200

Наименование	Цена руб./экз.
<p>Методические рекомендации предназначены для личного состава подразделений пожарной охраны, пожарно-технических научно-исследовательских учреждений и пожарно-технических учебных заведений, специальных подразделений пожарной охраны.</p> <p>Использование рекомендаций при обучении личного состава подразделений пожарной охраны осуществляется с учетом особенностей организации службы, регламентируемых законодательством РФ, нормативными правовыми актами субъектов РФ, а также ведомственными нормативными правовыми актами.</p>	

О. С. Ефремова.

Организация безопасной эксплуатации зданий и сооружений. —

М.: Альфа-Пресс, 2007. — 184 с.

В данном издании собраны нормативные документы и рекомендации по организации эксплуатации и обслуживанию зданий и сооружений, проведению планово-предупредительных ремонтов, осмотров, технических проверок. Информация будет полезна для руководителей организаций и служб охраны труда.

90

С. П. Караулин.

Экономика безопасного труда. — М.: Альфа-Пресс, 2007. — 192 с.

В настоящем издании излагаются основные вопросы экономики безопасного труда. Описывается теория приемлемого риска, приводятся оценка и анализ опасностей в сфере труда на примере субъекта РФ, основные составляющие элементы социальной и экономической эффективности мероприятий по охране труда, рассматриваются вопросы планирования, финансирования, налогового и бухгалтерского учета в сфере охраны труда, а также формы и методы расчетов социального и экономического эффектов от реализации трудоохранных мероприятий.

95

Книга предназначена для руководителей, экономистов, бухгалтеров, специалистов по охране труда, профсоюзных работников, а также студентов высших учебных заведений очной формы обучения по направлениям подготовки (специальностям) 060800 (080502) “Экономика и управление на предприятии”, 061000 (080504), 061100 (080507) “Менеджмент организации”, 656500 (280100) “Безопасность жизнедеятельности”, 330100 (280101) “Безопасность жизнедеятельности в техносфере”, 330500 (280102) “Безопасность технологических процессов и производств”, слушателей факультетов повышения квалификации и профессиональной переподготовки кадров и широкого круга заинтересованных читателей.

ГОТОВИТСЯ К ИЗДАНИЮ

Д. А. Корольченко.

Огнетушители. Практическое применение: Учебное пособие. —

М.: Пожнаука, 2007.

Рассматриваются вопросы классификации, выбора и применения огнетушителей на пожаре. Содержит нормативно-технические документы, применяемые при проведении пожарно-профилактических мероприятий на предприятиях.

Предназначено для рабочих различных отраслей промышленности, студентов технических ВУЗов, слушателей курсов повышения квалификации и широкого круга читателей.

**Издательство приглашает к сотрудничеству
авторов и распространителей!
Для наших распространителей
существует гибкая система скидок!**

Заявку направить в отдел распространения издательства ООО “Издательство “Пожнаука”
 по тел./факсу: (495) 964-30-73
 e-mail: firepress@gmail.com; firescience@pisem.net
 http://www.firepress.ru

Название организации, реквизиты (ИНН/КПП обязательно)	<p align="center">ВНИМАНИЮ ЗАКАЗЧИКОВ! <u>Электронные версии высылаются</u> <u>по электронной почте!</u></p>
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!

ООО “Издательство “Пожнаука” продолжает подписку на 2008 г. на специализированный научно-технический журнал “Пожаровзрывобезопасность” с приложением “Пожарная безопасность в строительстве”.

Стоимость подписки на год — 2520 руб.

Подписка осуществляется:

- в почтовом отделении по каталогам “Роспечать” (83340) и ЗАО АПР (83647);
- через подписные агентства ООО “Вся пресса”, ООО “Интерпочта”, ООО “АртосГал”, ООО “Урал-Пресс XXI” и ООО “Информ-наука”.

E-mail: firepress@gmail.com; firescience@pisem.net

Отдел рекламы и распространения: О. И. Нестерова, Л. И. Рахманова



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 общеизвестных величин, следует снабжать ссылками на первоисточник. Научные статьи должны иметь практическую направленность. В начале работы (например, во введении) целесообразно кратко изложить состояние проблемы и место в ней данной задачи. В конце публикации желательны краткие выводы с указанием научной новизны и практической полезности материала.

Редакция просит авторов при подготовке рукописи руководствоваться изложенными ниже правилами.

1. Статья должна быть представлена в двух экземплярах, ясно изложена, тщательно отредактирована и подписана автором. Корректурa авторам не высылаеtся. Редакция будет признательна авторам за предоставление 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 такой 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. Желательно прилагать электронные версии иллюстраций.

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 описания определяется требованиями ГОСТ 7.1–2003.

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.

Председатель Редакционного совета:

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

Зам. председателя Редакционного совета:

д.т.н., профессор, член-корреспондент НАНПБ
Ю. М. Глуховенко
д.т.н., профессор, академик Нью-Йоркской академии наук
В. В. Мольков
д.т.н., профессор В. П. Назаров

Редакционный совет:

д.т.н., профессор, действительный член НАНПБ,
заслуженный деятель науки РФ А. Н. Баратов
д.т.н., профессор, академик РАЕН,
заслуженный деятель науки РФ Н. Н. Брушлинский
к.т.н., профессор Е. Е. Кирюханцев
к.т.н. Д. А. Корольченко
к.т.н. В. А. Меркулов
д.т.н., профессор, академик РАЕН
А. В. Мишуев
д.т.н., профессор, действительный член НАНПБ
В. М. Ройтман
д.т.н., профессор,
действительный член НАНПБ Б. Б. Серков
д.т.н., профессор, член-корреспондент НАНПБ
С. В. Пузач
д.т.н., профессор, академик РАЕН, НАНПБ
Н. Г. Топольский
д.т.н., член-корреспондент МАНЭБ
Н. А. Тычино
д.т.н., профессор, действительный член НАНПБ
Ю. Н. Шебеко
профессор Т. Дж. Шилдс
д.т.н., профессор, академик и почетный член РАЕН
В. В. Холщевников

Редакция:

Главный редактор журнала
д.т.н., профессор, академик МАНЭБ
А. Я. Корольченко
Шеф-редактор
О. В. Коренькова
Отдел рекламы и распространения:
О. И. Нестерова, Л. И. Рахманова

Chairman of Editorial Council:

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

Deputy of Chairman of Editorial Council:

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Corresponding Member
of the National Academy of Fire Science Yu. M. Gluhovenko
Dr.Sc.(Eng.), Professor, an Active Member of the New-York Academy
of Sciences V. V. Molkov
Dr.Sc.(Eng.), Professor V. P. Nazarov

Editorial Council:

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy
of Fire Science, the Honoured Scientist of the Russian Federation
A. N. Baratov
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy
of Natural Sciences, the Honoured Scientist of the Russian
Federation N. N. Brushlinskiy
Cand.Sc.(Eng.), Professor E. E. Kiryuhantsev
Cand.Sc.(Eng.) D. A. Korolchenko
Cand.Sc.(Eng.) V. A. Merkulov
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy
of Natural Sciences A. V. Mishuev
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy
V. M. Roitman
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy
of Fire Science B. B. Serkov
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Corresponding Member
of the National Academy of Fire Science S. V. Puzach
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy
of Natural Sciences, National Academy of Fire Science
N. G. Topolskiy
Dr.Sc.(Eng.), Corresponding Member of International Academy
of Ecology and Life Safety N. A. Tyichino
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy
of Fire Science Yu. N. Shebeko
Professor Thomas Jim Shields
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician and the Honoured Member
of the Russian Academy of Natural Sciences
V. V. Kholshchevnikov

Editorial Office:

Deputy Editor-in-Chief
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of International Academy
of Ecology and Life Safety A. Ya. Korolchenko
Editor-in-Chief
O. V. Korenkova
PR and Subscription Section:
O. I. Nesterova, L. I. Rahmanova

Учредитель – ООО “Издательство “Пожнаука”

Тел./факс: (495) 964-30-73

E-mail: firepress@gmail.com; firescience@pisem.net

<http://www.firepress.ru>

ISSN 0869-7493



9 770869 749006

Подписано в печать 06.02.08.

Формат 60×84 1/8. Тираж 10000 экз.

Бумага офсетная №1. Печать офсетная.

Отпечатано в типографии “ГранПри”, г. Рыбинск

ПЕРСОНАЛЬНАЯ ПОДПИСКА

на журнал

пожаровзрыво- БЕЗОПАСНОСТЬ

КУПОН '2008

Издание	Цена подписки на полугодие, руб., включая НДС	Количество экземпляров	Стоимость подписки, руб.
Комплект: журнал "Пожаровзрывобезопасность" + приложение "Пожарная безопасность в строительстве"; Годовая подписка	2520		

- Укажите в таблице количество экземпляров, которое Вам необходимо. В связи с введением обязательного составления счетов-фактур при совершении операций по реализации просим заполнить карточку на обороте купона. Эти сведения необходимы для подготовки и высылки Вам счета-фактуры.
- Заполненный купон и копию платежного поручения вышлите по e-mail: firegress@mail.com в отдел распространения. Проследите, пожалуйста, чтобы были высланы **обе стороны** купона.
- Оплату за подписку Вы можете произвести по следующим реквизитам:
ООО "Издательство "ПОЖНАУКА"
Юридический адрес:
109052, г. Москва, ул. Смирновская, д. 1 А, офис 402
ИНН 772589941 КПП 772201001
Р/с 40702810060120585901 в АКБ "ПРОМСВЯЗЬБАНК" (ЗАО)
БИК 0445583119
К/с 30101810600000000119
Генеральный директор — Корольченко Александр Яковлевич

**По вопросам подписки просьба обращаться по телефону:
(495) 964-30-73 (многоканальный)**

ПОДПИСКА:

через агентство "РОСПЕЧАТЬ", индекс 83340;
через агентство "АПР", индекс 83647
(в любом почтовом отделении в каталоге "Газеты и журналы");
через подписные агентства: ООО "Вся пресса",
ООО "Интерпочта", ООО "Эльстат", ООО "Урал-Пресс"

Карточка учета сведений о подписчике

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



Dr. STHAMER HAMBURG



**СОВРЕМЕННЫЕ
ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ**

109052, Москва, Смирновская ул., 1А
Тел./факс: (495) 964-30-73 E-mail: spt@pisem.net

ПЕНООБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ



Шторм-Ф и Шторм-М

Пленкообразующие синтетические фторсодержащие пенообразователи целевого и специального назначения для получения пены низкой и средней кратности. Служат для тушения пожаров классов А и В. Основная область применения: химическая и нефтехимическая промышленность, аэродромы.

Штамекс AFFF (STHAMEX AFFF 3/6), Штамекс многоцелевой (STHAMEX-Multiform AFFF 3/6)

Высокоэффективные пленкообразующие синтетические фторсодержащие пенообразователи целевого и специального назначения для получения пены низкой, средней и высокой кратности. Служат для тушения пожаров классов А и В. Могут использоваться для подслоного пожаротушения.

Штамекс F-15 (STHAMEX F-15)

Угледородный пенообразователь на основе синтетических ПАВ с широким спектром применения.

ISSN 0869-7493



9 770869 749006