

ПОЖАРОВЗРЫВО БЕЗОПАСНОСТЬ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ **6'2007**

Воспламенение пожароопасной
жидкости одиночной "горячей"
частицей

Изучение динамики задымления
в помещении

Комплексная система обеспечения
транспортной взрывобезопасности



Современные проблемы
тушения пожаров в зданиях
повышенной этажности

Расчет коэффициента теплопотерь

Статистика квазимгновенных
разрушений резервуаров для
хранения нефти и нефтепродуктов



ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ

ТОМ 16 ♦ №6 ♦ 2007

FIRE & EXPLOSION SAFETY

Научно-технический журнал
ООО "Издательство "Пожнаука"

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

СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ, КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ

Серьезному городу — серьезную выставку! **3**

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Артамонов В. С., Погорельская К. В., Таранцев А. А. Методика определения рационального числа операторов и линий связи Центра управления силами Федеральной противопожарной службы **4**

Орлова О. Н. Подготовка кадрового состава, отвечающего предъявляемым требованиям и обеспечивающего наилучший результат при выполнении задач, поставленных перед МЧС России **10**

ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ

Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Воспламенение пожароопасной жидкости одиночной "горячей" частицей **13**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЖАРОВ

Горячева М. Н., Пузач С. В., Андреев В. В. Расчет коэффициента теплопотерь при определении критической продолжительности пожара в помещении **21**

Горячева М. Н., Пузач С. В., Андреев В. В. Изучение динамики задымления в помещении **25**

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Ширчков Н. В., Ширчков В. Н., Каришин А. В. Разработка методики испытаний внутреннего монтажа светильников **28**

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ОБЪЕКТОВ

Зубков Б. В., Бочкарев А. Н., Зенков А. С. Комплексная система обеспечения транспортной взрывобезопасности **34**

(продолжение на следующей странице)

Хой Л. Ш. Обстановка с пожарами и проблемы обеспечения надежности систем противопожарного водоснабжения производственных зданий Вьетнама	40
Старков Н. Н., Радченко А. П., Жуйков Д. А. Пожарная безопасность лифтовых установок	44
Швырков С. А., Горячев С. А., Сорокоумов В. П., Батманов С. В., Воробьев В. В. Статистика квазимгновенных разрушений резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов	48

ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ

Подгрушный А. В., Денисов А. Н., Хонг Ч. Д. Современные проблемы тушения пожаров в зданиях повышенной этажности и высотных зданиях	53
Панов М. Я., Петров Ю. Ф., Щербаков В. И. Моделирование потокораспределения в области оперативного управления системами водоснабжения в режиме пожаротушения	58
Сабинин О. Ю., Агаларова С. М. Огнетушащие порошки. Проблемы. Состояние вопроса	63

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ. СПРАВОЧНИК **69**

Авторский указатель	80
Тематический указатель статей , опубликованных в журнале за 2007 г.	85

*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.

СЕРЬЕЗНОМУ ГОРОДУ – СЕРЬЕЗНУЮ ВЫСТАВКУ!

С 31 октября по 2 ноября 2007 года в г. Оренбурге состоялась IX специализированная выставка “Техинформ. Связь. Безопасность”. Организаторы выставки: Правительство Оренбургской области, Торгово-промышленная палата и ОАО “УралЭкспо”.

Сейчас в России, как и во всем мире, много внимания уделяется физической, информационной, экономической безопасности. Обеспечение безопасности позволяет любому предприятию функционировать в спокойном режиме. Компании, оказывающие услуги по охране здоровья людей, помещений, защите информации, были представлены для всех посетителей. Выставка уже стала востребованным мероприятием в условиях стремительного развития высоких технологий и их внедрения во все сферы жизни.



ОАО “УралЭкспо” и издание “PCWEEK” провели совместную акцию: для всех зарегистрированных IT-специалистов (посетителей и участников выставки) была оформлена бесплатная корпоративная годовая подписка на PCWEEK/RE.

Подводя итоги, необходимо отметить высокий уровень подготовки компаний-участников и широкий диапазон посетителей. За три дня выставки было зарегистрировано около 500 полезных контактов и договоренностей. По итогам выставки следующие компании были отмечены медалями: ООО “Компания “Мехатроника”, ООО “СвязьКомплект-Урал”, “Формула современной безопасности”, “Ассоциация охранных предприятий”, “Группа компаний “Цезарь”, ООО “Энерготрейд”, остальные организации получили дипломы за активное участие в выставке.

Насыщенная деловая программа была интересна всем посетителям-специалистам.

В рамках выставки состоялись:

- семинар “Приборы охранно-пожарной сигнализации” (Организатор: ООО “Энерготрейд”);
- семинар “Обеспечение пожарной безопасности продукцией компании “Рубеж”. Адресная система “Рубеж” (Организатор: ООО “ТД “Рубеж-2А”);
- семинар “Использование современных средств связи для оптимизации расходов в корпоративных сетях” (Организатор: ООО “Связькомплект-Урал” г. Екатеринбург);
- круглый стол “Информационная безопасность в системе управления и деятельности организаций” (организатор: ООО “Компания “Мехатроника”).

Каждое из деловых мероприятий прошло с успехом и аншлагом: затронутые темы были интересны и востребованы среди оренбургских специалистов.





Д-р техн. наук, д-р воен. наук, профессор, заслуженный работник Высшей школы РФ, начальник Санкт-Петербургского университета (СПбУ) ГПС МЧС РФ

В. С. Артамонов



Канд. техн. наук, старший помощник начальника дежурной смены службы пожаротушения ГУ ЦУС ФПС Псковской обл.

К. В. Погорельская



Д-р техн. наук, профессор, профессор Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС РФ

А. А. Таранцев

УДК 614.84

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ЧИСЛА ОПЕРАТОРОВ И ЛИНИЙ СВЯЗИ ЦЕНТРА УПРАВЛЕНИЯ СИЛАМИ ФЕДЕРАЛЬНОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ

Изложен порядок определения числа операторов в дежурной смене и линий связи Центра управления силами Федеральной противопожарной службы городов с населением до 500 тыс. чел. при ограничениях на вероятность потери вызова и на время ожидания абонентом связи с оператором, учитывающий коэффициенты готовности технических средств и операторов.

ВВЕДЕНИЕ

После перехода Государственной противопожарной службы (ГПС) из МВД в МЧС возник план создания единых дежурно-диспетчерских служб (ЕДДС) [1, 2] на базе телефонного номера “01”. В большинстве российских городов ЕДДС начали создаваться на базе Центров управления силами (ЦУС) ГПС. Это привело к резкому росту числа звонков в ЦУС — помимо собственно сообщений о пожарах стали в большом количестве звонить по другим поводам (владельцы пострадавших животных, психически нездоровые люди и др.). Поскольку во многих городах число операторов ЦУС и линий связи (ЛС) “01” было увеличено как правило незначительно, возникла проблема перегруженности операторов [3] и, как следствие, возрос риск потери вызова или его неправильной обработки.

Причинами сказанного явились не только финансовые затруднения в пожарной охране, но и отсутствие стандартизированной и научно-обоснованной методики по определению числа операторов в дежурной смене ЦУС и числа ЛС “01”. И если в российских мегаполисах Москве и Санкт-Петербурге эта проблема стоит не столь остро ввиду достаточно хороших экономических возможностей городских властей, то в большинстве городов с населением до полумиллиона человек она требует незамедлительного решения.

Определенные рекомендации в этой области были изложены в учебнике д-ра техн. наук, профессора Ф. И. Шаровара (в тот период начальника кафедры в ВИПТШ МВД СССР) [4], а также в учебнике [5] и книге [6], но они требуют определенной доработки. В действующем Приказе МВД России от 30.06.2000 № 700 “Об утверждении “Наставления по службе связи ГПС МВД Российской Федерации” (а также в аналогичном ранее действовавшем Приказе МВД СССР от 09.10.89 № 241), равно как и в РД 45.120–2000 [7] не содержится рекомендаций по выбору числа операторов и линий связи ЦУС городов с населением до 500 тыс. чел. (в п.7.1.11.2 упомянутого РД отмечено лишь, что “количество линий связи к спецслужбам для телефонных сетей емкостью свыше 10000 номеров определяется расчетом...”, но сам расчет проводит разработчик РД). Некоторые рекомендации по выбору численности операторов содержатся в “Типовом штатном расписании ЦУС ФПС” (Приложение № 7 к Приказу МЧС России от 23.12.04 № 613 “О создании ЦУС ФПС”), но окончательный выбор конкретного числа операторов в дежурной смене ЦУС и ЛС “01” остается за Управлениями ГПС субъектов.

Таким образом, вопрос научно-обоснованного выбора рационального числа операторов и ЛС ЦУС остается открытым. Ниже излагается его решение.

1. Порядок определения числа операторов и линий связи

1.1. При выборе числа операторов n в дежурной смене ЦУС и ЛС L “01” критичными являются два основных показателя — вероятность отказа $p_{отк}$ принятия сообщения от абонента (заняты все операторы и все ЛС) и длительность ожидания $t_{ож}$ абонентом соединения с оператором. В первом случае может произойти потеря вызова, пожар или ЧС будут развиваться неконтролируемо со всеми отрицательными последствиями, что недопустимо. Во втором случае абонент, на которого уже могут начинать воздействовать опасные факторы пожара (ОФП) или ЧС, не может ожидать долго — он либо покинет помещение, прервав звонок, либо подвергнется воздействию ОФП или ЧС с риском для своей жизни, что также недопустимо.

1.2. Исходными данными методики являются:

- а) λ — частота поступления сообщений в ЦУС по ЛС “01” (определяется по результатам статистического анализа звонков, поступающих в ЦУС);
- б) $t_{об}$ — среднее время обработки оператором сообщения абонента (определяется по результатам хронометрирования работы операторов);
- в) k_o — коэффициент готовности операторов (отношение среднего числа операторов, находящихся на рабочих местах η , к их общему числу в смене n или отношение среднего времени нахождения оператора на рабочем месте за смену к длительности смены), $k_o \leq 1$;
- г) k_z — коэффициент аппаратной готовности (возможные отказы оборудования и помехи на ЛС), представляющий собой отношение среднего числа работоспособных линий связи Λ к их общему числу L , $k_z \leq 1$;
- д) $p_{дон}$ — допустимая вероятность отказа в принятии сообщения от абонента (в пожарной охране принята величина $p_{дон} = 0,001$ или 0,1% [4], соответствующая требованиям РД 45.120–2000 [7]);
- е) $t_{дон}$ — допустимое время ожидания абонентом соединения с оператором ЦУС (целесообразно принимать $t_{дон} = 10$ с $\approx 0,167$ мин, но этот показатель может быть уточнен с учетом особенностей черт характера местных жителей в соответствии с рекомендациями социологов и психологов).

Результат применения методики — нахождение рациональных значений числа операторов n и линий связи L ЦУС с учетом выполнения условий:

$$p_{отк} \leq p_{дон}, \tag{1}$$

$$t_{ож} \leq t_{дон}. \tag{2}$$

1.3. Положения методики основываются на известном математическом аппарате теории массового обслуживания [8–12] с учетом следующих общепринятых допущений:

- а) ЦУС представляет собой незамкнутую n -канальную систему массового обслуживания (СМО) с накопителем;
- б) входной поток заявок (звонков абонентов города в часы наибольшей нагрузки) — стационарный пуассоновский (применительно к пожарной охране это установлено д-ром техн. наук, профессором Н. Н. Брушлинским [13, 14]) с частотой λ ;
- в) время обслуживания оператором каждого звонка абонента случайное и подчинено экспоненциальному закону [15] (это условие не является строгим и представляет собой наиболее “жесткий” случай по сравнению с общим вариантом — обслуживанием по закону Эрланга или регулярным обслуживанием), квалификация всех операторов одинакова, они обрабатывают сообщения с одинаковой средней скоростью $\mu = t_{об}^{-1}$;
- г) порядок обслуживания “первым пришел — первым обслужился” (FIFO) [9, 10], т.е. при наличии очереди из вызовов первым к обслуживанию освободившимся оператором принимается абонент, который встал в очередь прежде других;
- д) приоритеты среди операторов и среди абонентов отсутствуют, ЛС равнодоступны.

1.4. Для такой СМО в квазистационарном приближении справедливы следующие соотношения [11, 12]:

$$\begin{cases} p_{отк} = p_0 \rho^\Lambda \eta^\eta / \eta!, & (3) \\ t_{ож} = t_{об} p_0 \alpha^\eta \frac{1 - (m+1)\rho^m + m\rho^{m+1}}{\eta \cdot \eta! (1-\rho)^2}, & (4) \end{cases}$$

где $\alpha = \lambda t_{об}$ — приведенная нагрузка;
 $\rho + \alpha/\eta \neq 1$ — нагрузка на действующего оператора;
 $\eta = k_o n$;
 $\Lambda = k_z L$;
 $m = \Lambda - \eta$ — размер накопителя;
 p_0 — вероятность незанятости ЦУС (свободны все операторы и ЛС).
 Величина p_0 находится из выражения:

$$p_0 = [S_1 + S_2]^{-1}, \tag{5}$$

где $S_1 = \sum_{i=0}^n a_i / i!$;

$$S_2 = \begin{cases} 0 & \text{при } \Lambda < \eta \\ \rho(\rho^\eta - \rho^\Lambda) \eta^\eta / [\eta! (1-\rho)] & \text{при } \Lambda \geq \eta \text{ и } \rho \neq 1. \end{cases}$$

Некоторая особенность выражений (3)–(5) заключается в том, что величина η может быть нецелой, т.е. нужно брать факториал от нецелого числа и суммировать нецелое число раз. Первая трудность легко преодолевается использованием гамма-функции: $\eta! = \Gamma(\eta + 1)$. Величина $\Gamma(\eta + 1)$ находится из справочной литературы [16]. При $\eta \geq 1$ можно также воспользоваться приближенным выражением [12]:

$$\eta! \approx (0,3989z^{0,4} + 0,5818z^{-1,4} + 0,01946z^{-3,7})K_{\zeta}, \quad (6)$$

где ζ — целая часть числа η ;

$$z = 1 + \eta - \zeta; z \in [1; 2];$$

$$K_{\zeta} = \begin{cases} 1 & \text{при } \zeta = 0, \\ \prod_{i=0}^{\zeta-1} (i + z) & \text{при } \zeta > 0. \end{cases}$$

При $\eta \geq 4$ может быть применена формула В. М. Калинина [17]:

$$\eta! \approx 1,52004(\eta^2 + \eta + 0,166667)^{0,5\eta + 0,25} \exp(-\eta). \quad (7)$$

Вторая трудность преодолевается использованием приближенного выражения [12] для вычисления суммы S_1 при нецелых η :

$$S_1 \approx \exp(\alpha[1 - \exp(-f)]), \quad (8)$$

где $f = \eta[1,077 - 1,329 \lg \alpha + 0,5154(\lg \alpha)^2 + 0,08 \times (1 - \lg \alpha)\eta]$.

При $\eta > 7\alpha^{4,3}$ и $\alpha \leq 2$ с точностью до 3-го знака после запятой может применяться выражение:

$$S_1 \approx \exp(\alpha). \quad (9)$$

1.5. Поскольку соотношения (3)–(9) удобны только для анализа работы ЦУС, т.е. оценки показателей $p_{отк}$ и $t_{ожс}$ по известным параметрам η , Λ , λ и $t_{об}$, для решения задачи синтеза (т.е. предварительного выбора числа операторов n и ЛС L по известной приведенной нагрузке $\alpha = \lambda t_{об}$ и не превышении допустимых значений показателями $p_{дон}$ и $t_{дон}$) построена специальная номограмма, приведенная на рис. 1, соответствующая допустимой вероятности отказа $p_{дон} = 0,001$ (при $k_o = k_z = 1$) и являющаяся адаптированным вариантом номограмм [12, 18]. На ней в координатах “приведенная нагрузка α – приведенное время ожидания $\tau_{ожс}$ ” ($\tau_{ожс} = \lambda t_{ожс}$ — это также и средняя длина очереди [11]) нанесены линии равных значений $n \in [1; 9]$ и $L \in [2; 10]$.

Порядок работы с номограммой (см. рис. 1) следующий:

- по заданным значениям частоты λ поступления сообщений, среднего времени их обслуживания $t_{об}$ и предельно допустимому вре-

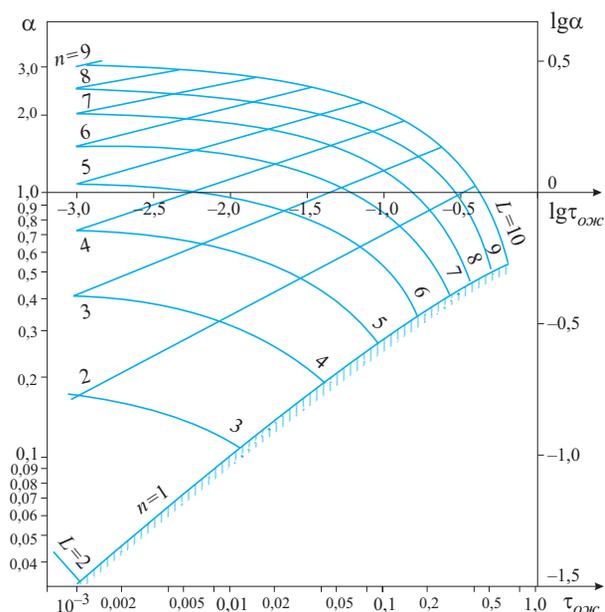


Рис. 1. Номограмма для нахождения числа операторов n и линий связи L по приведенной нагрузке $\alpha = \lambda t_{об}$ и приведенному времени ожидания $\tau_{ожс} = \lambda t_{ожс}$ при $p_{дон} = 0,001$

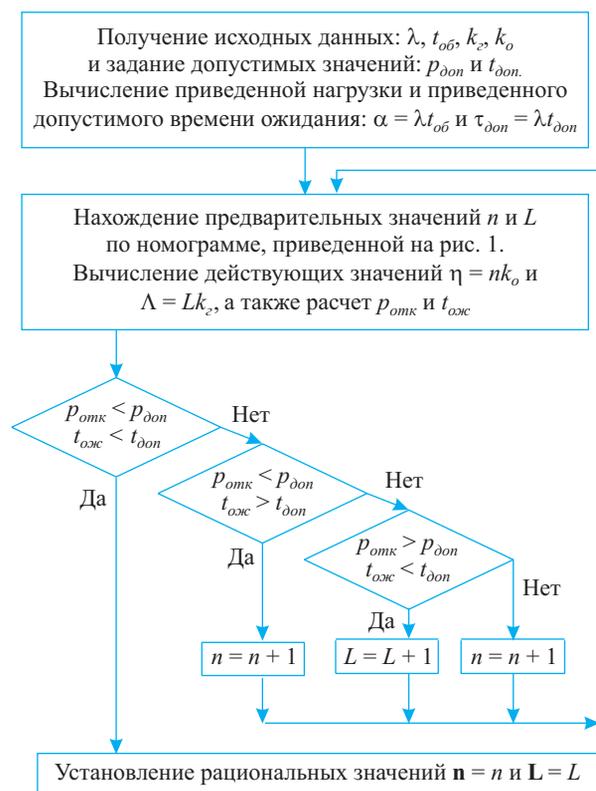


Рис. 2. Порядок определения числа операторов и линий связи ЦУС

мени ожидания $t_{дон}$ находятся значения приведенной нагрузки (и приведенного времени ожидания $\tau_{ожс}$ (желательно определение и логарифмов этих величин $\lg \alpha$ и $\lg \tau_{ожс}$);

- б) на пересечении горизонтальной линии α и вертикальной линии $\tau_{ожс}$ наносится исходная рабочая точка, от которой влево и вверх откладывается рабочий квадрант;
- в) в этом квадранте определяется предварительная рабочая точка (n, L) , лежащая на пересечении линий n и L , у которых величина n минимальна.

1.6. Поскольку указанная номограмма является идеализированной (т.е. $k_o = k_z = 1$), необходимо проверить правильности предварительного выбора величин n и L по выражениям (3)–(9), и если значения $\rho_{отк}$ и $t_{ожс}$ окажутся в пределах допусков, т.е. выполняются условия (1) и (2), то n и L принимаются в качестве рациональных. В противном случае производится корректировка n и L по выражениям (3)–(9) путем увеличения на единицу величин n и/или L .

1.7. Выполнение п.п. 1.4–1.6 Методики позволяет как найти рациональные значения n и L для случая наибольшей нагрузки, так и предусмотреть возможность сокращения численности дежурной смены и числа линий связи в ночные и утренние часы, когда частота поступления сообщений в ЦУС незначительна. Порядок нахождения n и L схематически показан на рис. 2.

2. Примеры определения рационального числа операторов в дежурной смене и линий связи ЦУС

2.1. Рассмотрим порядок определения рационального числа операторов в дежурной смене и числа ЛС ЦУС города с населением до 500 тыс. чел.

- Для нахождения расчетной частоты λ поступления в ЦУС сообщений от абонентов города были использованы статистические данные, из которых следовало, что в часы наибольшей нагрузки (позднее вечернее время — с 23 до 24 ч) $\lambda = 38$ сообщ./ч, а наименьшая частота $\lambda_n = 5$ сообщ./ч (раннее утро — с 4 до 5 ч). Приводя к числу сообщений в минуту, получим: $\lambda = 38/60 \approx 0,633 \text{ мин}^{-1}$; $\lambda_n = 5/60 \approx 0,083 \text{ мин}^{-1}$.

- В течение этого же периода хронометрировалась продолжительность обработки сообщений, в результате чего установлено, что $t_{об} \approx 1,1$ мин.

- По результатам наблюдений определено также, что $k_z = 0,9$ и $k_o = 0,8$.

- Исходя из обеспечения требуемого уровня пожарной безопасности города, для данного ЦУС приняты стандартные допустимые значения вероятности потери сообщения и длительности ожидания абонента — соответственно $p_{дон} = 0,001$ и $t_{дон} = 0,167$ мин.

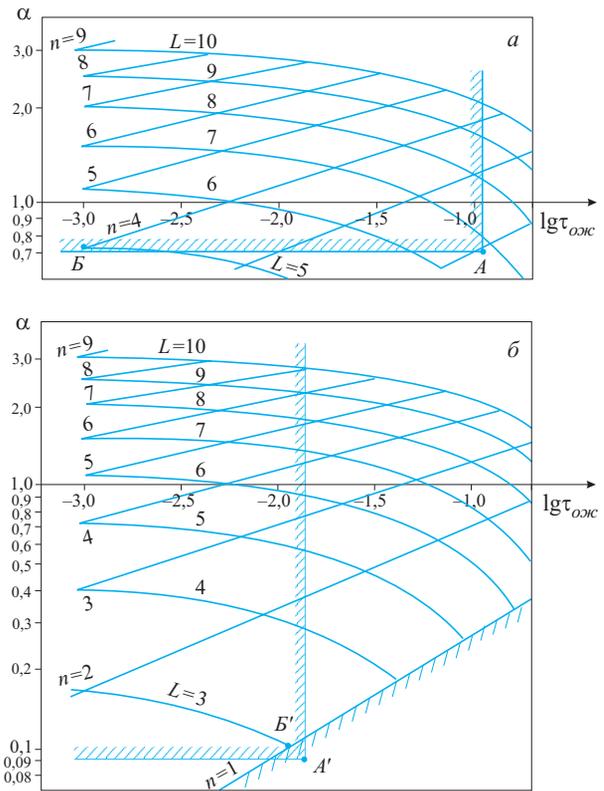


Рис. 3. К примерам нахождения предварительных значений числа операторов n и линий связи L при $t_{ожс} = 10$ с и $t_{об} = 1,1$ мин: а — $\lambda = 0,633 \text{ мин}^{-1}$; б — $\lambda_n = 0,083 \text{ мин}^{-1}$

- Рассчитываем приведенные нагрузки и время ожидания:

$$\alpha = 0,633 \cdot 1,1 \approx 0,697; \quad \tau_{ожс} = 0,633 \cdot 0,167 \approx 0,1056.$$

Находим также логарифмы этих величин:

$$\lg 0,697 \approx -0,157; \quad \lg 0,1056 \approx -0,9765.$$

- На графике, приведенном на рис. 1, наносим исходную рабочую точку A (рис. 3, а) и определяем рабочую точку B , согласно которой предварительные значения $n = 4, L = 5$.

- Определяем действующие значения числа операторов и ЛС:

$$\eta = 0,8 \cdot 4 = 3,2; \quad \Lambda = 0,9 \cdot 5 = 4,5.$$

- В соответствии с п.п. 9–10 проводим проверку правильности выбора рационального числа операторов в дежурной смене ЦУС и количества ЛС, для чего находим:

$$\rho = 0,697/3,2 \approx 0,2177;$$

$$\eta! = 3,2! \approx (0,3989 \cdot 1,2^{0,4} + 0,5818 \cdot 1,2^{-1,4} + 0,01946 \cdot 1,2^{3,7}) \cdot 1,2 \cdot 2,2 \cdot 3,2 \approx 7,757$$

(здесь $z = 1 + 3,2 - 3 = 1,2$). Для сравнения по формуле В. М. Калинина (7) получаем: $3,2! \approx 7,7645$.

Рассчитываем вероятность незанятости ЦУС (т.е. свободны все операторы и ЛС):

$$f = 3,2[1,077 - 1,329 \lg 0,697 + 0,5154(\lg 0,697)^2 + 0,08(1 - \lg 0,697)3,2] \approx 5,1;$$

$$S_1 = \exp(0,697[1 - \exp(-5,1)]) \approx 1,9985;$$

$$S_2 = 0,2177(0,2177^{3,2} - 0,2177^{4,5})3,2^{3,2}/[7,757(1 - 0,2177)] \approx 0,0011;$$

$$p_0 = (1,9985 + 0,0011)^{-1} \approx 0,5.$$

По выражениям (3) и (4) рассчитываем имеющие место значения вероятности потери сообщения абонента и среднего времени ожидания — соответственно

$$p_{отк} = 0,5 \cdot 0,2177^{4,5} \cdot 3,2^{3,2}/7,757 \approx 0,0028;$$

$$t_{ож} = 1,1 \cdot 0,5 \cdot 0,697^{3,2}(1 - 2,3 \cdot 0,2177^{1,3} + 1,3 \cdot 0,2177^{2,3})/[3,2 \cdot 7,757(1 - 0,2177)^2] \approx 0,0082 \text{ мин.}$$

• Осуществляя проверку, находим, что неравенство (1) не соблюдается ($p_{отк} = 0,0028 > 0,001$). Хотя и соблюдается неравенство (2) ($t_{ож} = 0,0082 < 0,167$ мин), необходимо признать, что требуется скорректировать значения числа операторов и ЛС.

• Увеличим количество ЛС на одну ($L = 6$), а число операторов оставим прежним $n = 4$ (это экономически наиболее выгодный вариант) и вновь проведем проверку с учетом, что $\eta = 0,8 \cdot 4 = 3,2$; $\Lambda = 0,9 \cdot 6 = 5,4$. Поскольку число операторов не изменилось, $\rho \approx 0,2177$; $\eta! \approx 7,757$; $f \approx 5,1$; $S_1 \approx 1,9985$. Вычисляем величины S_2 и p_0 :

$$S_2 = 0,2177(0,2177^{3,2} - 0,2177^{5,4})3,2^{3,2}/[7,757(1 - 0,2177)] \approx 0,0011;$$

$$p_0 = (1,9985 + 0,0011)^{-1} \approx 0,5$$

и находим, что они тоже практически не изменились. По выражениям (3) и (4) рассчитываем вероятности потери сообщения абонента и среднего времени ожидания:

$$p_{отк} = 0,5 \cdot 0,2177^{5,4} \cdot 3,2^{3,2}/7,757 \approx 0,0007;$$

$$t_{ож} = 1,1 \cdot 0,5 \cdot 0,697^{4,5}(1 - 3,2 \cdot 0,2177^{2,2} + 2,2 \cdot 0,2177^{3,2})/[3,2 \cdot 7,757(1 - 0,2177)^2] \approx 0,0103 \text{ мин.}$$

• Снова проводя проверку, убеждаемся, что неравенства (1) и (2) соблюдаются: $p_{отк} = 0,0007 < 0,001$; $t_{ож} = 0,0103 < 0,167$ мин. Таким образом, рациональное число операторов ЦУС ($n = 4$) и ЛС ($L = 6$) выбрано правильно.

2.2. В соответствии с п. 1.6 определим, насколько можно сократить число операторов ЦУС в смену, когда число сообщений снизится до 5 в час ($\lambda_{II} \approx 0,083 \text{ мин}^{-1}$).

• Получаем: $\alpha_{II} = 0,083 \cdot 1,1 \approx 0,0917$; $\tau_{II} = 0,083 \cdot 0,167 \approx 0,0139$; $\lg 0,0917 \approx -1,038$; $\lg 0,0139 \approx -1,857$. На графике, приведенном на рис. 1, наносим новую исходную рабочую точку A' (см. рис. 3, б) и находим точку B' , для которой $n = 1$, $L = 3$. По выражениям (3) и (4) определяем действующие значения числа операторов и ЛС соответственно: $\eta = 0,8 \cdot 1 = 0,8$; $\Lambda = 0,9 \cdot 3 = 2,7$.

• Проводим проверку правильности выбора рационального числа операторов в дежурной смене ЦУС и числа ЛС “01”, для чего находим:

$$\rho = 0,0917/0,8 \approx 0,1146;$$

$$\eta! = 0,8! \approx (0,3989 \cdot 1,8^{0,4} + 0,5818 \cdot 1,8^{-1,4} + 0,01946 \cdot 1,8^{3,7}) \cdot 1 \approx 0,9314$$

(здесь $z = 1 + 0,8 - 0 = 1,8$). Рассчитываем вероятность незанятости ЦУС (т.е. свободны все операторы и ЛС):

$$f = 0,8[1,077 - 1,329 \lg 0,0917 + 0,5154(\lg 0,0917)^2 + 0,08(1 - \lg 0,0917)0,8] \approx 2,5134;$$

$$S_1 = \exp(0,0917[1 - \exp(-2,5134)]) \approx 1,0879;$$

$$S_2 = 0,1146(0,1146^{0,8} - 0,1146^{2,7})0,8^{0,8}/[0,9314(1 - 0,1146)] \approx 0,0202;$$

$$p_0 = (1,0879 + 0,0202)^{-1} \approx 0,9024.$$

По выражениям (3) и (4) рассчитываем значения вероятности потери сообщения абонента и среднего времени ожидания — соответственно:

$$p_{отк} = 0,9024 \cdot 0,1146^{2,7} \cdot 0,8^{0,8}/0,9314 \approx 0,0023;$$

$$t_{ож} = 1,1 \cdot 0,9024 \cdot 0,0917^{0,8}(1 - 2,9 \cdot 0,1146^{1,9} + 1,9 \times 0,1146^{2,9})/[0,8 \cdot 0,9314(1 - 0,1146)^2] \approx 0,24 \text{ мин} \approx 14,4 \text{ с.}$$

• В ходе проверки выясняем, что неравенства (1) и (2) не соблюдаются: $p_{отк} = 0,0023 > 0,001$; $t_{ож} = 0,24 > 0,167$ мин. Необходимо скорректировать число операторов.

• Положим $n = 2$, $L = 3$. Тогда $\eta = 0,8 \cdot 2 = 1,6$; $\eta! = 1,6! \approx (0,3989 \cdot 1,6^{0,4} + 0,5818 \cdot 1,6^{-1,4} + 0,01946 \times 1,6^{3,7}) \cdot 1,6 \approx 1,4296$ (здесь $z = 1 + 1,6 - 1 = 1,6$); $\Lambda = 0,9 \cdot 3 = 2,7$; $\rho = 0,0917/1,6 = 0,0573$. Снова проведем проверку, для чего вычислим:

$$f = 1,6[1,077 - 1,329 \lg 0,0917 + 0,5154(\lg 0,0917)^2 + 0,08(1 - \lg 0,0917)1,6] \approx 5,2354;$$

$$S_1 = \exp(0,0917[1 - \exp(-5,2354)]) \approx 1,0955;$$

$$S_2 = 0,0573(0,0573^{1,6} - 0,0573^{2,7})1,6^{1,6}/[1,4296(1 - 0,0573)] \approx 0,0004;$$

$$p_0 = (1,0955 + 0,0004)^{-1} \approx 0,9125;$$

$$p_{отк} = 0,9125 \cdot 1,6^{1,6} \cdot 0,0573^{2,7}/1,4296 \approx 0,0006;$$

$$t_{ож} = 1,1 \cdot 0,9125 \cdot 0,0917^{1,6}(1 - 2,1 \cdot 0,0573^{1,1} + 1,1 \cdot 0,0573^{2,1})/[1,6 \cdot 1,4296(1 - 0,0573)^2] \approx 0,0098 \text{ мин.}$$

• В результате проверки убеждаемся, что неравенства (1) и (2) соблюдаются: $p_{отк} = 0,0006 < 0,001$; $t_{ожс} = 0,0098 < 0,167$ мин. Таким образом, с учетом ожидаемой пониженной частоты поступающих вызовов рациональное количество операторов ЦУС ($n = 2$) и ЛС ($L = 3$) выбрано правильно. Это означает, что половину операторов и половину ЛС в такой период можно высвободить.

Выводы

Разработана методика, позволяющая определять рациональное число операторов в дежурной смене ЦУС и ЛС “01” по известным значениям частоты поступающих сообщений (звонков абонен-

тов), среднего времени их обслуживания, коэффициентов готовности аппаратуры и операторов и допустимым значениям вероятности отказа приема сообщения и длительности ожидания связи абонента с оператором. Методика носит аналитический характер и позволяет проводить расчеты с использованием алгебраических выражений и номограммы, без использования компьютера (хотя создана и соответствующая программа для ЭВМ).

Разработанная методика может быть положена в основу соответствующего нормативного документа ГПС и применима не только для ЦУС ГПС, но и для других экстренных служб, а также для проектирования Национального центра управления в кризисных ситуациях (НЦУКС) [19].

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ МЧС России от 02.12.02 № 553 “О создании и организации опытного функционирования на территориях субъектов РФ единых дежурно-диспетчерских служб (единых служб спасения) на базе телефонного номера “01”.
2. Приказ МЧС России от 10.09.02 № 428 “Об утверждении концепции развития единых дежурно-диспетчерских служб в субъектах РФ”.
3. **Мороз, М. И.** Методология оценки и прогнозирования работоспособности человека-оператора / М. И. Мороз, И. В. Чубаров. — СПб.: Изд-во ГУП «Петроцентр», 2001.
4. **Шаровар, Ф. И.** АСУ и связь в пожарной охране / Ф. И. Шаровар. — М.: ВИПТШ МВД СССР, 1987.
5. **Зыков, В. И.** Автоматизированные системы управления и связь / В. И. Зыков [и др.]. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: АГПС МЧС России, 2006.
6. **Росляков, А. В.** Центры обслуживания вызовов / А. В. Росляков, М. Ю. Самсонов, И. В. Шибяева. — М.: Изд-во ЭКО-ТРЕНДЗ, 2002.
7. РД 45.120–2000 (НТП 112–2000). Городские и сельские телефонные сети. Нормы технологического проектирования.
8. **Хинчин, А. Я.** Работы по математической теории массового обслуживания / А. Я. Хинчин. — М.: ГИФМЛ, 1963.
9. **Кофман, А.** Массовое обслуживание. Теория и приложения / А. Кофман, Р. Крюон. — М.: Мир, 1965.
10. **Саати, Т. Л.** Элементы теории массового обслуживания и ее приложения / Т. Л. Саати. — М.: Сов. радио, 1971.
11. **Вентцель, Е. С.** Исследование операций / Е. С. Вентцель. — М.: Сов. радио, 1972.
12. **Таранцев, А. А.** Инженерные методы теории массового обслуживания / А. А. Таранцев; под ред. В. С. Артамонова. — СПб.: СПбУ ГПС МЧС России, 2006.
13. **Брушлинский, Н. Н.** Системный анализ в деятельности ГПС / Н. Н. Брушлинский. — М.: МИБП МВД России, 1998.
14. **Брушлинский, Н. Н.** Моделирование оперативной деятельности пожарной службы / Н. Н. Брушлинский. — М.: Стройиздат, 1981.
15. **Вентцель, Е. С.** Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. — Изд. 5-е, стереотипное. — М.: Высшая школа, 1998.
16. **Бронштейн, И. Н.** Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. — Изд. 13-е, исправленное. — М.: Наука, 1986.
17. **Калинин, В. М.** Мои формулы / В. М. Калинин. — СПб.: СПбГТУ, 1997.
18. **Таранцев, А. А.** О способе выбора параметров системы массового обслуживания с очередью / А. А. Таранцев // Известия РАН. Автоматика и телемеханика. — 1999. — № 7.
19. Приказ МЧС России от 15.11.06 № 653 “Об утверждении Положения о Национальном центре управления в кризисных ситуациях (НЦУКС)”.

Поступила в редакцию 28.09.07.



Слушатель факультета руководящих кадров Академии ГПС МЧС РФ
О. Н. Орлова

УДК 65.050.2

ПОДГОТОВКА КАДРОВОГО СОСТАВА, ОТВЕЧАЮЩЕГО ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫМ ТРЕБОВАНИЯМ И ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО НАИЛУЧШИЙ РЕЗУЛЬТАТ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЗАДАЧ, ПОСТАВЛЕННЫХ ПЕРЕД МЧС РОССИИ

Представлены результаты исследований по подготовке руководящего звена специалистов Государственной противопожарной службы МЧС России.

Итогом реализации Приказа МЧС России № 225 от 19.05.04 г. “О концепции кадровой политики МЧС России” будет являться наличие в организациях МЧС России высоко подготовленного кад-

рового потенциала, отвечающего установленным требованиям и обеспечивающего гарантированное выполнение задач, поставленных перед министерством (рис. 1).

В этом документе в примечании “Типовая схема формирования кадрового резерва руководящего состава МЧС России” говорится также о том, что предпочтение при зачислении *в резерв* отдается сотрудникам, имеющим: разносторонний опыт службы на разных должностях в органах управления, поисково-спасательных формированиях, воинских частях; ученую степень; образование по специальностям “Государственное и муниципальное управление”, “Юриспруденция”.

Изучив “Положение о факультете руководящих кадров (ФРК) Академии Государственной противопожарной службы МЧС России” в сфере высшего профессионального образования по специальности 061000 “Государственное и муниципальное управление”, а также проанализировав статистические данные за последние 5 лет о слушателях данного факультета, выявлены некоторые закономерности успешности (рис. 2).

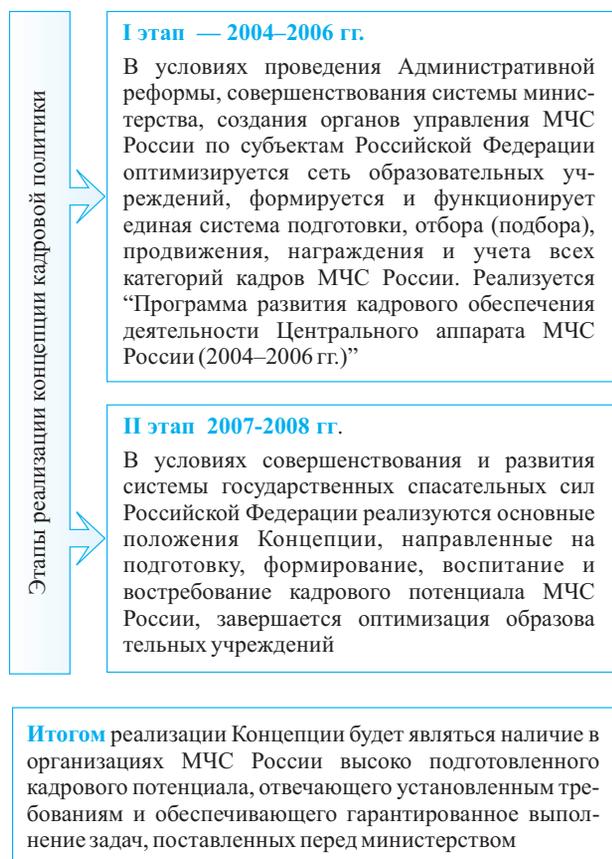


Рис 1. Типовая схема реализации концепции кадровой политики МЧС России



Рис. 2. Закономерности успешности

Результаты учебной деятельности факультета руководящих кадров управленческого звена Государственной противопожарной службы ГУ МЧС России по субъектам Российской Федерации

Учебный год	Количество слушателей ФРК	Итоговый Государственный экзамен по специальности “Государственное и муниципальное управление” сдали на		Дипломный проект защитили на		Дипломы с отличием
		“отл”	“хор”	“отл”	“хор”	
2001–2003	20	15	5	19	1	7
2002–2004	34	28	6	24	10	12
2003–2005	36	28	8	26	10	12
2004–2006	46	29	17	33	13	5

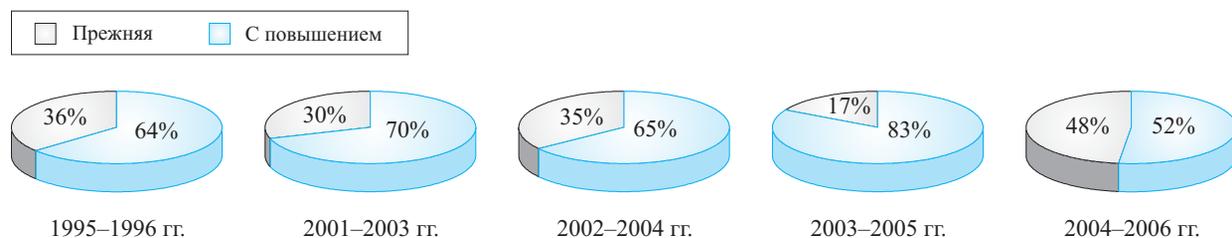


Рис. 3. Анализ динамики должностей с повышением за 5 лет

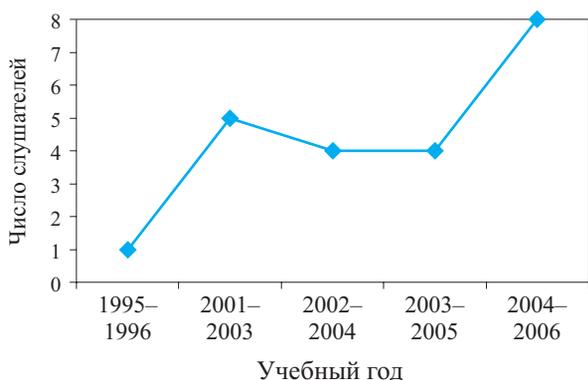


Рис. 4. Количественный показатель наиболее перспективных и успешных слушателей ФРК

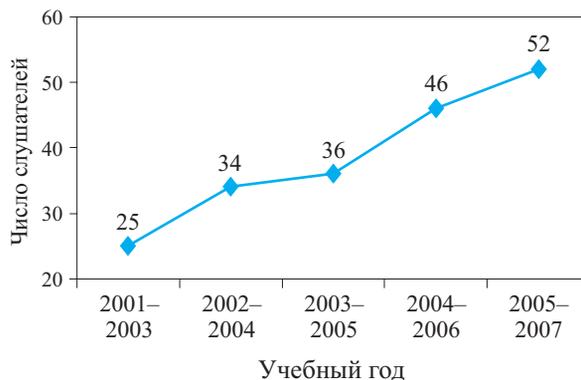


Рис. 5. Увеличение числа слушателей ФРК, обучающихся по очной форме, за пять учебных лет

Факультет предназначен для подготовки высококвалифицированных руководящих кадров управленческого звена Государственной противопожарной службы ГУ МЧС России по субъектам Российской Федерации (таблица).

На базе статистических данных можно сделать вывод, что по окончании обучения на факультете руководящих кадров Академии Государственной противопожарной службы МЧС России в соответствии с персональным распределением выпускникам предложены должности с повышением и дальнейшим прохождением службы по месту распределения (рис. 3).

Автором статьи предложено продолжить и развить тематику по представленным дипломным работам слушателей ФРК для диссертационных ра-

бот. Государственная аттестационная комиссия каждый год отмечает, что многие дипломные проекты представляют практический интерес и являются частью научных исследований, так как разрабатывались в интересах реальных регионов и объектов (рис. 4).

Полученная диаграмма (см. рис. 4) еще раз показывает, что каждый год обучения на данном факультете предоставляет шанс продолжить и развить тематику по дипломным работам для диссертационных работ, а также позволяет выявить наиболее перспективных слушателей данного факультета для дальнейшей работы в области научных достижений. На рис. 4 видно, что каждый год число таких слушателей увеличивается, например с 1996 по 2006 гг. их число выросло в 8 раз.

За пять учебных лет число слушателей, обучающихся на ФРК по очной форме, увеличилось в два раза (рис. 5). Востребованность в грамотных специалистах по вопросам управления возрастает с каждым годом. Учитывая постоянно увеличивающуюся штатную численность переменного состава факультета, а также существенно возросший должностной уровень слушателей, их разнообразный качественный состав (сотрудники ГПС, спасатели, военнослужащие, сотрудники ГИМС), необходимо увеличить штатную численность постоянного состава факультета. Следует рассмотреть и решить вопрос о введении должностей начальников курсов на очном отделении ФРК.

Выводы

Основываясь на проведенном анализе данных, категорию слушателей, которые находятся в звании

старшего лейтенанта и выше и которые обучаются на факультете руководящих кадров, можно отнести к людям с устойчивыми взглядами, собственным мнением, определенным отношением к ценностям жизни. Необходимо учитывать, что каждый из них имел *желание обучаться* на факультете руководящих кадров Академии Государственной противопожарной службы МЧС России, получить образование по специальности “Государственное и муниципальное управление”. Слушатели ФРК Академии ГПС МЧС России прежде всего усматривали в этом совершенствование ранее полученных знаний с перспективой карьерного роста, реализацию себя на другой должности с возможностью выхода на более высокий уровень.

Поступила в редакцию 06.09.07.



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.

По вопросам приобретения компакт-диска заявку присылать по адресу:

109052, Москва, ул. Смирновская, дом 1 А

Тел./факс: (495) 662-69-70, 662-69-71

E-mail: firescience@pisem.net



Д-р физ.-мат. наук, профессор,
Томский политехнический университет
Г. В. Кузнецов



Томский политехнический
университет
П. А. Стрижак

УДК 536.46

ВОСПЛАМЕНЕНИЕ ПОЖАРООПАСНОЙ ЖИДКОСТИ ОДИНОЧНОЙ “ГОРЯЧЕЙ” ЧАСТИЦЕЙ

Произведено численное моделирование процесса зажигания пожароопасной жидкости одиночной нагретой до высоких температур частицей в рамках газофазной модели воспламенения. Сформулирована и решена система нелинейных нестационарных дифференциальных уравнений, описывающая в двумерной постановке процессы теплопроводности, испарения жидкости, диффузии и конвекции паров горючего в среде окислителя, кинетику испарения и воспламенения жидкого горючего вещества. Численный анализ позволил установить зависимости времени задержки воспламенения жидкости от начальной температуры и размеров частицы.

Введение

Несмотря на большую профилактическую работу, направленную на повышение пожарной безопасности промышленных предприятий, жилых зданий и сооружений, ежедневно в стране происходят сотни небольших и десятки крупных пожаров, регистрируется большое количество воспламенений, которые удалось заранее обнаружить и предотвратить дальнейшее развитие пожаров [1, 2]. Наибольшую опасность проблема воспламенения пожароопасных жидкостей представляет для химической, нефтеперерабатывающей и родственных им отраслей промышленности. Это связано с тем, что в перечисленных отраслях промышленности имеют место большие объемы нефтепродуктов и других горючих материалов, а также достаточное количество различных по своей природе источников воспламенения [3].

В то же время нередко из-за человеческого фактора, разгерметизации аппаратов, трубопроводов, резервуаров с горючими жидкостями происходят аварии технологического оборудования [3]. Образующиеся при этом объемы жидких нефтепродуктов испаряются, пары горючего перемешиваются с газами окислителя и при наличии достаточных условий воспламенения происходит пожар или взрыв [4–6]. В связи с этим требуется более глубокое изучение процессов воспламенения пожароопасных веществ, в частности горючих жидкостей. Следует признать, что выполнено много работ для решения обозначенной проблемы [7–9], однако не все факторы риска установлены.

На предприятиях металлургической и ряда других отраслей промышленности в ходе технологических процессов образуются частицы малых размеров, температура нагрева которых превышает несколько сотен градусов. На первый взгляд эти частицы не представляют серьезной опасности. Однако на практике источниками локальных очагов пожаров часто выступают “искры” от костра, частицы металла, образующиеся при резке, сварке и других технологических процессах [3, 10 – 13]. Установлено, что частицы, возникающие от трения металлов, представляют реальную опасность возникновения пожара в пространствах, заполненных горючими газами, парами и пылью в опасных концентрациях [13]. В связи с этим требуется проведение исследований с целью установления достаточных условий воспламенения горючих жидкостей частицами малых размеров различной физической природы.

В монографии [14] представлены твердофазная, газофазная и гетерогенная модели воспламенения конденсированных веществ. Однако моделированию процессов воспламенения жидких горючих веществ уделено меньше внимания. Это, очевидно, связано с существенной сложностью газофазных моделей воспламенения по сравнению с твердофазными [14, 15]. Воспламенение жидкостей представляет сложный многостадийный физико-химический процесс, протекающий при взаимном влиянии тепловых, кинетических и гидродинамических условий [7]. К тому же при моделировании следует учитывать, что скорости процессов воспла-

менения определяются интенсивностью тепло- и массопереноса в газовой и жидкой фазах, кинетикой испарения и воспламенения жидкости и рядом других факторов [7, 14].

Вследствие отсутствия как экспериментальных, так и теоретических данных об основных закономерностях процессов воспламенения пожароопасных жидкостей одиночными “горячими” частицами различной физической природы возникают трудности с определением необходимых условий их хранения при возможном образовании в непосредственной близости реальных источников воспламенения — “горячих” частиц.

Цель данной работы — численное моделирование процесса газозафазного воспламенения жидкого пожароопасного вещества нагретой до высоких температур одиночной частицей малых размеров в рамках модели, учитывающей двухмерный теплоперенос, испарение горючей жидкости, кинетику процессов испарения и воспламенения, диффузию и конвекцию паров горючего в среде окислителя.

Постановка задачи

При моделировании процесса воспламенения рассматривается система “пожароопасная жидкость – “горячая” одиночная частица – воздух”. Предполагается следующая последовательность стадий исследуемого процесса. Частица, нагретая до высоких температур, выпадает на поверхность горючей жидкости. За счет тепла, отдаваемого частицей в жидкость, последняя нагревается. Начинается процесс парообразования, пары горючего диффундируют в воздух, где перемешиваются с газами окислителя. Образующаяся парогазовая смесь воспламеняется при достижении критических значений температур смеси и концентрации горючего в ней.

Геометрия области решения задачи представлена на рис. 1. В качестве “горячей” частицы принята углеродистая частица в форме параллелепипеда малых размеров ($H_y = L_y = 2 \cdot 10^{-3}$ м), а в качестве жидкого горючего вещества выбрано дизельное топливо. В газовой и жидкой фазах выделены области, существенно превышающие размеры частицы ($H = L = 20 \cdot 10^{-3}$ м).

При численном решении приняты допущения, не накладывающие существенных ограничений на общность постановки задачи:

1. Пары горючего, образующиеся на участке поверхности, закрытой частицей ($y = Y_1, X_1 < x < X_2$), распределяются в малой окрестности частицы.
2. В результате испарения горючего образуется одно вещество с известными характеристиками.
3. Предполагается инерционное осаждение “горячей” частицы. Соприкасающиеся поверхнос-

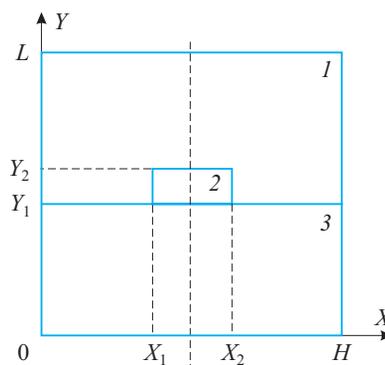


Рис. 1. Схема области решения задачи: 1 — воздух; 2 — углеродистая частица; 3 — жидкое горючее вещество

ти частицы и горючей жидкости не деформируются. Частица не погружается в жидкость.

4. Процессы выгорания жидкости не учитываются.

Приняты следующие условия воспламенения горючей жидкости [14]:

- 1) тепло, выделяемое в результате химической реакции паров окислителя и горючего, больше тепла, передаваемого от частицы жидкому горючему веществу;
- 2) температура смеси паров горючего и окислителя вблизи частицы превышает температуру частицы.

Математическая постановка

Система нелинейных нестационарных дифференциальных уравнений, соответствующая физической модели (см. рис. 1), приведена ниже.

Для смеси паров горючего и воздуха ($0 < x < X_1, Y_1 < y < Y_2; X_2 < x < H, Y_1 < y < Y_2; 0 < x < H, Y_2 < y < L$) система уравнений имеет вид:

- уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0; \quad (1)$$

- уравнения движения смеси паров горючего с воздухом:

$$\begin{aligned} & \rho_{13} \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = \\ & = - \frac{\partial P_{13}}{\partial x} + \mu_{13} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \rho_{13} \beta g_x (T_{13} - T_0); \quad (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \rho_{13} \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = \\ & = - \frac{\partial P_{13}}{\partial y} + \mu_{13} \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \rho_{13} \beta g_y (T_{13} - T_0); \quad (3) \end{aligned}$$

- уравнение энергии:

$$\rho_{13} C_{13} \left(\frac{\partial T_{13}}{\partial t} + u \frac{\partial T_{13}}{\partial x} + v \frac{\partial T_{13}}{\partial y} \right) = \lambda_{13} \left(\frac{\partial^2 T_{13}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_{13}}{\partial y^2} \right) + Q_v W_v \rho_{13}; \quad (4)$$

- уравнение диффузии паров горючего в воздухе:

$$\rho_{13} \left(\frac{\partial C_g}{\partial t} + u \frac{\partial C_g}{\partial x} + v \frac{\partial C_g}{\partial y} \right) = \rho_{13} D_{13} \left(\frac{\partial^2 C_g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C_g}{\partial y^2} \right) - W_v \rho_{13}; \quad (5)$$

- уравнение баланса:

$$C_g + C_o = 1. \quad (6)$$

Теплофизические характеристики смеси паров горючего с газами окислителя в воздухе рассчитывались по выражениям:

$$\lambda_{13} = \lambda_1 \varphi_1 + \lambda_4 \varphi_4; \quad (7)$$

$$C_{13} = C_1 \varphi_1 + C_4 \varphi_4; \quad (8)$$

$$\rho_{13} = \rho_1 \varphi_1 + \rho_4 \varphi_4. \quad (9)$$

Уравнение теплопроводности для частицы ($X_1 < x < X_2, Y_1 < y < Y_2$):

$$C_2 \rho_2 \frac{\partial T_2}{\partial t} = \lambda_2 \left(\frac{\partial^2 T_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_2}{\partial y^2} \right). \quad (10)$$

Уравнение теплопроводности для жидкости ($0 < x < H, 0 < y < Y_1$):

$$C_3 \rho_3 \frac{\partial T_3}{\partial t} = \lambda_3 \left(\frac{\partial^2 T_3}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_3}{\partial y^2} \right). \quad (11)$$

Здесь T — температура; P — давление; C — удельная теплоемкость; ρ — плотность; λ — коэффициент теплопроводности; μ — кинематическая вязкость; β — коэффициент термического расширения; Q_v — тепловой эффект реакции воспламенения; W_v — скорость воспламенения; D_{13} — коэффициент диффузии паров жидкого горючего вещества в воздухе; φ — объемная доля компонента парогазовой смеси; C_g — концентрация паров жидкого горючего вещества ($0 \leq C_g \leq 1$); C_o — концентрация окислителя; индексы “1”, “2”, “3”, “4”, “13” соответствуют воздуху, углеродистой частице, пожароопасному веществу в жидком состоянии, парам горючего вещества, смеси паров горючего с воздухом; x, y — координаты декартовой системы координат; u, v — составляющие скорости конвекции смеси паров горючего и окислителя в проекции на ось x и y соответственно; g_x и g_y — ускорения свободного падения в проекции на ось x и y соответственно; T_0 — начальная температура; t — время.

Уравнения движения и неразрывности решены в переменных “функция тока – вихрь скорости” [16]:

$$\rho_{13} \left(\frac{\partial \omega}{\partial t} + u \frac{\partial \omega}{\partial x} + v \frac{\partial \omega}{\partial y} \right) = \mu_{13} \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right) + \frac{1}{2} \rho_{13} \beta g_y \frac{\partial T_{13}}{\partial x}; \quad (12)$$

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} = -2\omega. \quad (13)$$

Функция тока Ψ и вектор вихря скорости ω заданы следующим образом [17]:

$$u = \frac{\partial \Psi}{\partial y}; v = -\frac{\partial \Psi}{\partial x}; \omega = \frac{1}{2} \text{rot}_z \vec{v} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right). \quad (14)$$

При численном решении уравнений движения и неразрывности использована безразмерная форма записи. Для этого в качестве масштаба скоростей выбрана скорость конвекции V_0 на границе с частицей, в качестве масштаба координат — один из характерных размеров частицы L_q ($H_q = L_q = 2 \cdot 10^{-3}$ м).

Для перехода к безразмерным переменным использованы следующие соотношения [17]:

$$\begin{aligned} X &= \frac{x}{L_q}; Y = \frac{y}{L_q}; \tau = \frac{t}{t_0}; U = \frac{u}{U_0}; V = \frac{v}{V_0}; \\ \Theta &= \frac{T - T_0}{\Delta T}; \Psi = \frac{\Psi}{\Psi_0}; \Omega = \frac{\omega}{\omega_0}; V_0 = \sqrt{g \beta \Delta T L_q}; \\ \Psi_0 &= V_0 L_q; \omega_0 = \frac{V_0}{L_q}; t_0 = \frac{L_q}{V_0}; \Delta T = T_q - T_0, \end{aligned} \quad (15)$$

где t_0 — масштаб времени;

τ — безразмерное время;

U, V — безразмерные составляющие скорости в проекции на ось x и y соответственно;

T_q — начальная температура частицы;

T_0 — начальная температура;

Θ — безразмерная температура;

Ψ_0 — масштаб функции тока;

Ψ — безразмерный аналог функции тока;

ω_0 — масштаб вектора вихря;

Ω — безразмерный аналог вектора вихря.

При смешанной конвекции паров горючего с газами окислителя уравнение для вектора вихря скорости и уравнение Пуассона в безразмерной записи имеют вид [17]:

$$\begin{aligned} \frac{1}{Sh} \frac{\partial \Omega}{\partial t} + U \frac{\partial \Omega}{\partial x} + V \frac{\partial \Omega}{\partial y} = \\ = \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 \Omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Omega}{\partial y^2} \right) + \frac{Gr}{Re^2} \frac{\partial \Theta}{\partial x}; \end{aligned} \quad (16)$$

$$\Delta \Psi = -2\Omega. \quad (17)$$

Безразмерные комплексы (числа Струхаля Sh , Грасгофа Gr и Рейнольдса Re) вычислены из соотношений [17]:

$$Sh = \frac{V_0 t_0}{L_x}; \quad (18)$$

$$Gr = \frac{\beta g L_u^3 (T_u - T)}{\mu_{13}^2}; \quad (19)$$

$$Re = \frac{2V_0 L_u}{\mu_{13}}. \quad (20)$$

Кинематическая вязкость воздуха рассчитана по интерполяционной формуле [18]:

$$\mu_{13} = \frac{171 + 0,35T}{\rho_{13}} 10^7. \quad (21)$$

Коэффициент термического расширения горячей жидкости (для дизельного топлива) [18]:

$$\beta = 0,0012^\circ C^{-1}.$$

При задании граничных условий для уравнения вектора вихря скорости применена формула Вудса [17]:

$$\Omega_{0,j} = -\frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} \Big|_{0,j} = -\frac{8\Psi_{1,j} - \Psi_{2,j} - 7\Psi_{0,j}}{4hx^2} + \frac{3}{2hx} \frac{\partial \Psi}{\partial x} \Big|_{0,j}; \quad (22)$$

$$\Omega_{i,0} = -\frac{1}{2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} \Big|_{i,0} = -\frac{8\Psi_{i,1} - \Psi_{i,2} - 7\Psi_{i,0}}{4hy^2} + \frac{3}{2hy} \frac{\partial \Psi}{\partial y} \Big|_{i,0}, \quad (23)$$

где i, j — номер шага по координате x и y соответственно;

hx, hy — величина шага по соответствующей координате.

Для рассматриваемой задачи начальные и граничные условия имеют вид:

- $t = 0$

$$Y_1 < y < Y_2, \quad X_1 < x < X_2, \quad T_2 = T_u, \quad C_g = 0, \quad \Psi = 0, \quad \Omega = 0, \quad 0 < y < Y_1, \quad 0 < x < H, \quad Y_2 < y < L, \quad 0 < x < H, \quad (24)$$

$$Y_1 < y < Y_2, \quad 0 < x < X_1, \quad X_2 < x < H, \quad T_{13} = T_3 = T_0, \quad C_g = 0, \quad \Psi = 0, \quad \Omega = 0, \quad (25)$$

$$y = Y_1, \quad X_1 < x < X_2, \quad \frac{\partial T_2}{\partial x} = -\frac{\lambda_3}{\lambda_2} \frac{\partial T_3}{\partial x},$$

$$T_2(0, Y_1) = T_3(0, Y_1), \quad C_g = 0, \quad \Psi = 0, \quad W = 0; \quad (26)$$

- $0 < t < t_3$

$$x = 0, x = H, 0 < y < Y_1 \quad \frac{\partial T_3}{\partial x} = 0; \quad (27)$$

$$\left. \begin{aligned} x = 0, x = H, \\ Y_1 < y < L \end{aligned} \right\} \begin{cases} \frac{\partial T_1}{\partial x} = 0, \\ \frac{\partial C_g}{\partial x} = 0, \\ \frac{\partial \Psi}{\partial x} = 0, \Psi = 0; \end{cases} \quad (28)$$

$$y = 0, 0 < x < H \quad \frac{\partial T_3}{\partial y} = 0; \quad (29)$$

$$\left. \begin{aligned} y = L, 0 < x < H \end{aligned} \right\} \begin{cases} \frac{\partial T_1}{\partial y} = 0, \\ \frac{\partial C_g}{\partial y} = 0, \\ \frac{\partial \Psi}{\partial y} = 0, \Psi = 0; \end{cases} \quad (30)$$

$$\left. \begin{aligned} x = X_1, \\ Y_1 < y < Y_2 \end{aligned} \right\} \begin{cases} -\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial x} = -\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial x}, \\ T_1(t, X_1) = T_2(t, X_1), \\ \frac{\partial C_g}{\partial x} = 0, \\ \frac{\partial \Psi}{\partial x} = 0, \Psi = 0; \end{cases} \quad (31)$$

$$\left. \begin{aligned} x = X_2, \\ Y_1 < y < Y_2 \end{aligned} \right\} \begin{cases} -\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} = -\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial x}, \\ T_2(t, X_2) = T_1(t, X_2), \\ \frac{\partial C_g}{\partial x} = 0, \\ \frac{\partial \Psi}{\partial x} = 0, \Psi = 0; \end{cases} \quad (32)$$

$$\left. \begin{aligned} y = Y_1, \\ 0 < x < X_1 \end{aligned} \right\} \begin{cases} \lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial y} = \lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial y} - Q_i W_i, \\ T_3(t, Y_1) = T_1(t, Y_1), \\ -\rho_{13} D_{13} \frac{\partial C_g}{\partial y} = W_i, \\ \frac{\partial \Psi}{\partial y} = U, \quad -\frac{\partial \Psi}{\partial x} = V; \end{cases} \quad (33)$$

$$\left. \begin{aligned} y = Y_1, \\ X_1 < x < X_2 \end{aligned} \right\} \begin{cases} -\lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial y} = -\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial y} - Q_i W_i, \\ T_3(t, Y_1) = T_2(t, Y_1), \\ \frac{\partial C_g}{\partial y} = 0, \\ \frac{\partial \Psi}{\partial y} = 0, \Psi = 0; \end{cases} \quad (34)$$

$$y = Y_1, \quad X_2 < x < H \quad \begin{cases} \lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial y} = \lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial y} - Q_i W_i, \\ T_3(t, Y_1) = T_1(t, Y_1), \\ -\rho_{13} D_{13} \frac{\partial C_g}{\partial y} = W_i, \\ \frac{\partial \Psi}{\partial y} = U, \quad -\frac{\partial \Psi}{\partial x} = V; \end{cases} \quad (35)$$

$$y = Y_2, \quad X_1 < x < X_2 \quad \begin{cases} -\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial y} = -\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial y}, \\ T_1(t, Y_2) = T_2(t, Y_2), \\ \frac{\partial C_g}{\partial y} = 0, \\ \frac{\partial \Psi}{\partial y} = 0, \quad \Psi = 0. \end{cases} \quad (36)$$

Здесь Q_i — тепловой эффект реакции испарения жидкости; W_i — массовая скорость испарения жидкости, t_s — время задержки воспламенения.

Для вычисления скорости воспламенения жидкого горючего вещества нагретой до высоких температур частицей использовано выражение [15]:

$$W_v = k_0(1 - C_g)^n C_g^m \exp\left(-\frac{E}{RT_g}\right), \quad (37)$$

где k_0 — предэкспоненциальный множитель;
 E — энергия активации;
 R — универсальная газовая постоянная;
 T_g — температура паров горючего;
 n, m — постоянные.

Коэффициент диффузии паров дизельного топлива в воздухе рассчитан по формуле [18]:

$$D_{13} = 2,87 \cdot 10^{-6} \left(\frac{T_g}{273}\right)^{1,96}. \quad (38)$$

Скорость парообразования жидкого вещества вычислена из соотношения [19]:

$$W_i = \frac{A(P_i^H - P_i)}{\sqrt{2\pi R T_{II} / M}}, \quad (39)$$

где A — коэффициент аккомодации;
 P_i^H — давление насыщения паров жидкого горючего вещества;
 P_i — давление паров над поверхностью;
 M — молекулярная масса жидкого горючего вещества;
 T_{II} — температура поверхности жидкости.
 Коэффициент аккомодации рассчитан по формуле [20]:

$$A = 35 / (P_i^H)^{0,56}. \quad (40)$$

Суммарная скорость парообразования на участке поверхности, закрытого частицей, составляю-

щие которой вычислялись на каждом шаге вдоль оси x по выражению (39), определена из соотношения:

$$y = Y_1, \quad X_1 < x < X_2, \quad W_{i\Sigma} = \int_{x=\frac{X_1+X_2}{2}}^{X_2} W_i(x) dx. \quad (41)$$

Суммарный газоприток $W_{i\Sigma}$ распределен в малой окрестности частицы согласно выражений:

$$y = Y_1, \quad X_1 - 10hx < x < X_1,$$

$$W_i^S(x)_k = W_i(x)_k + \frac{k \cdot 0,1}{10} W_{i\Sigma}, \quad k = 1, 2, \dots, 10; \quad (42)$$

$$y = Y_1, \quad X_2 < x < X_2 + 10hx,$$

$$W_i^S(x)_k = W_i(x)_k + \frac{1,1 - k \cdot 0,1}{10} W_{i\Sigma}, \quad (43)$$

$$k = 1, 2, \dots, 10,$$

где $W_i(x)_k$ — скорость испарения жидкости на k -м шаге вдоль оси x без учета дополнительного газопритока с участка поверхности жидкости, закрытого частицей;

$W_i^S(x)_k$ — суммарная скорость испарения жидкого вещества на k -м шаге вдоль оси x в окрестности частицы.

Метод решения

Для решения системы уравнений (1) – (43) использовался метод конечных разностей [21]. Локально-одномерный метод и метод итераций применялись для решения разностных аналогов дифференциальных уравнений [21, 22]. Система одномерных разностных уравнений решалась методом прогонки с использованием неявной четырехточечной разностной схемы [21]. При вычислениях устанавливалось не менее 200 узлов разностной сетки по каждой из координат и использовался неравномерный шаг по времени от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-6}$ с.

Результаты и обсуждение

Численное моделирование проведено при следующих значениях теплофизических и термохимических характеристик взаимодействующих веществ [3, 18, 23 – 25]:

$$C_1 = 1190 \text{ Дж/(кг·К)}, \quad \rho_1 = 1,161 \text{ кг/м}^3, \\ \lambda_1 = 0,026 \text{ Вт/(м·К)};$$

$$C_2 = 2720 \text{ Дж/(кг·К)}, \quad \rho_2 = 1200 \text{ кг/м}^3, \\ \lambda_2 = 0,25 \text{ Вт/(м·К)};$$

Таблица 1. Времена задержки воспламенения в системе “углеродистая частица – дизельное топливо – воздух” в зависимости от температуры углеродистой частицы при $H_u = L_u = 2 \cdot 10^{-3}$ м

T_u, K	1000	975	950	925	900	875	850	825
t_3, c	0,186	0,243	0,439	0,697	0,945	1,317	1,721	Нет воспламенения

Таблица 2. Времена задержки воспламенения в системе “углеродистая частица – дизельное топливо – воздух” в зависимости от размеров углеродистой частицы при $T_u = 1000$ K

$H_u = L_u, м$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$
t_3, c	0,186	0,264	0,398	0,626	0,969	Нет воспламенения

$C_3 = 2980$ Дж/(кг·K), $\rho_3 = 878,7$ кг/м³,
 $\lambda_3 = 0,1169$ Вт/(м·K);

$Q_v = 42$ МДж/кг, $E = 250$ кДж/моль,
 $k_0 = 9 \cdot 10^{11}$ с⁻¹, $M = 150$ кг/моль,
 $Q_i = 250$ МДж/кг, $T_u = 1000$ K, $T_0 = 300$ K.

Анализ процесса воспламенения дизельного топлива одиночной “горячей” углеродистой частицей позволил установить зависимости времен задержки воспламенения от начальной температуры и размеров частицы (табл. 1 и 2).

Данные табл. 1 свидетельствуют о значительном уменьшении скорости процесса воспламенения с понижением начальной температуры частицы. Полученные результаты можно объяснить тем, что при понижении T_u интенсивность тепло- и массообмена в системе “дизельное топливо – углеродистая частица – воздух” уменьшается. При температуре частицы 825 K тепла, отдаваемого ей в жидкое вещество, не достаточно для воспламенения последнего.

При уменьшении размеров “горячей” частицы время задержки воспламенения увеличивается (см. табл. 2). Это связано с тем, что происходит уменьшение площади контакта между частицей и жидкостью, вследствие этого большая часть тепла частицы рассеивается в воздухе, меньшая — поглощается жидкостью. При $H_u = L_u = 1 \cdot 10^{-3}$ м образуется недостаточное для воспламенения количество паров горючего. Указанные значения температуры и размеров частицы, при которых не происходит воспламенения, можно считать пороговыми для рассматриваемой системы (см. рис. 1). Зависимости времени задержки воспламенения жидкости от температуры и размеров частицы (см. табл. 1 и 2) не противоречат основным положениям теории газофазного зажигания конденсированных веществ [12].

Результаты численного моделирования позволили установить, что воспламенение жидкости происходит в малой по размерам газовой области над частицей (рис. 2 и 3). Теоретические и экспери-

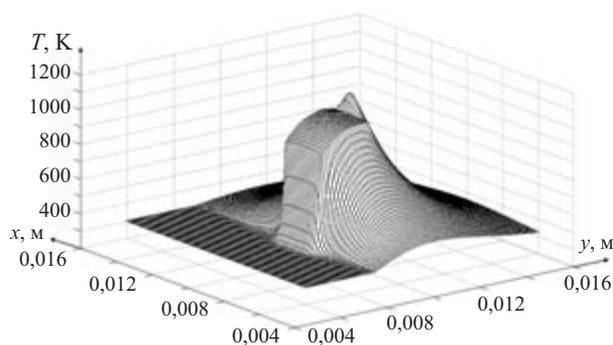


Рис. 2. Температурное поле системы “углеродистая частица – дизельное топливо – воздух” в момент воспламенения ($t_3 = 0,186$ с) при $T_u = 1000$ K, $H_u = L_u = 2 \cdot 10^{-3}$ м

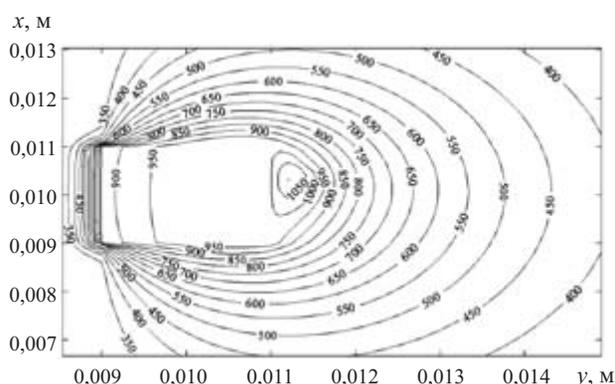


Рис. 3. Изотермы системы “углеродистая частица – дизельное топливо – воздух” в момент воспламенения ($t_3 = 0,186$ с) при $T_u = 1000$ K, $H_u = L_u = 2 \cdot 10^{-3}$ м

ментальные данные по зажиганию свидетельствуют о том, что все жидкости горят в паровой фазе, однако области воспламенения могут находиться на разных расстояниях от их поверхностей в зависимости от источника воспламенения, свойств жидкости и окружающих условий [7, 12]. В рассматриваемой системе пары горючего за счет диффузии и конвекции движутся вдоль боковых граней частицы. При этом частица остывает, пары горюче-

го нагреваются, в результате над частицей в районе оси симметрии образуется “горячая” парогазовая смесь.

За счет теплоотвода со всех граней частицы температура газовой и жидкой фаз вблизи нее увеличивается (см. рис. 2 и 3). Температура частицы на границах с воздухом уменьшается незначительно, при этом падение температуры частицы на границе с жидкостью максимально. В газовой области над частицей за счет объединения нагретых потоков паров горючего наблюдается резкое повышение температуры и концентрации паров горючего (рис. 4 и 5).

Распределения температуры парогазовой смеси и концентрации паров горючего в ней (см. рис. 4 и 5) свидетельствуют о малых размерах очагов воспламенения в газовой фазе вблизи частицы. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что при моделировании процессов воспламенения дизельного топлива несколькими “горячими” частицами время задержки воспламенения жидкости будет определяться временем задержки для одиночной частицы независимо от их количества.

В результате численного моделирования установлена возможность воспламенения широко распространенного жидкого нефтепродукта — дизельного топлива — одиночной “горячей” углеродистой частицей при $T_c = 1000$ К и размерах больше $1 \cdot 10^{-3}$ м. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что воспламенение дизельного топлива будет происходить при выпадении на его поверхность частиц размерами меньше $1 \cdot 10^{-3}$ м, но нагретыми до температур выше 1000 К.

Следует отметить, что образующиеся при горении большинства горючих материалов конденсированные продукты сгорания в виде углеродистых частиц обычно имеют температуру существенно больше 850 К. Размеры таких частиц составляют единицы (1–6) миллиметров. Поэтому любой природный бытовой или технический пожар генерирует десятки и даже сотни потенциальных источников воспламенения пожароопасных жидкостей. При этом частицы могут перемещаться на достаточно большие (до десяти и более метров) расстояния при движении воздуха и под действием других сил (реактивной, тяжести). Соответственно, выделенные в данной работе закономерности могут проявляться в различных условиях. Оценка пожароопасности жидкостей при этом целесообразна с учетом рассматриваемого в данной работе механизма воспламенения.

Полученные численные значения времени задержки воспламенения не являются окончательными для всех видов дизельного топлива и могут из-

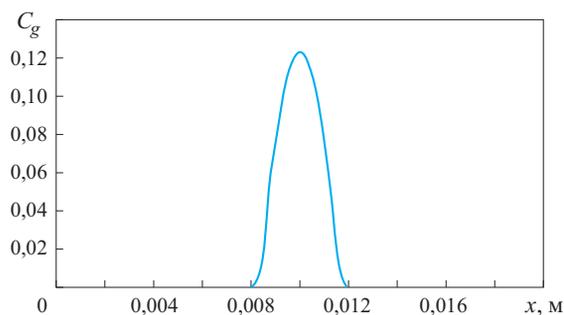


Рис. 4. Распределение концентрации горючего по координате x в момент воспламенения ($t_s = 0,186$ с) при $y = 0,01105$ м

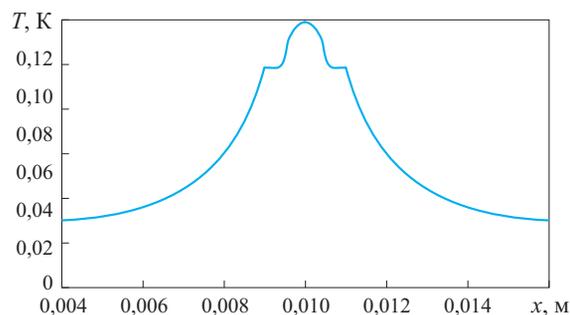


Рис. 5. Распределение температуры по координате x в момент воспламенения ($t_s = 0,186$ с) при $y = 0,01105$ м

меняться в широких пределах в зависимости от теплофизических и термохимических свойств топлива, кинетики процессов испарения и воспламенения, а также условий воспламенения.

Заключение

По результатам численного моделирования можно сделать вывод о повышенной пожароопасности процесса взаимодействия одиночных частиц, нагретых до высоких температур, с горючими жидкостями. Для уменьшения риска воспламенения жидких веществ одиночными частицами необходимы проведение специальных профилактических работ, уточнение правил пожарной безопасности как на производстве, так и в быту. Следует уделить больше внимания нетрадиционным источникам воспламенения горючих жидкостей с целью прогнозирования и своевременного предотвращения возникновения пожаров. На базе созданной математической модели возможно проведение численных исследований и для других видов пожароопасных нефтепродуктов при их взаимодействии с одиночными “горячими” частицами различной физической природы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (код проекта 06-08-00366-а).

ЛИТЕРАТУРА

1. Статистика пожаров в Российской Федерации за 7 месяцев 2006 г. // Пожаровзрывобезопасность. — 2006. — Т. 15, № 5. — С. 68.
2. Пожар как техногенная катастрофа и экологическое бедствие // ЭКОС. — 2005. — № 3. — С. 3.
3. **Горшков, В. И.** Тушение пламени горючих жидкостей / *В. И. Горшков*. — М.: Пожнаука, 2007. — 268 с.
4. **Зрелов, В. Н.** Жидкие ракетные топлива / Под ред. *В. Н. Зрелова, Е. П. Серегина*. — М.: Химия, 1975. — 320 с.
5. **Карабин, А. И.** Сжигание жидкого топлива в промышленных установках / Под ред. *А. И. Карабина, Е. С. Раменской, И. К. Энно*. — М.: Металлургия, 1966. — 371 с.
6. **Баратов, А. Н.** Горение – Пожар – Взрыв – Безопасность / *А. Н. Баратов*. — М.: ФГУП ВНИИПО МЧС России, 2003. — 364 с.
7. **Варнатц, Ю. М.** Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ: пер. с англ. / *Ю. М. Варнатц, У. Маас, Р. Диббл*. — М.: Физматлит, 2006. — 352 с.
8. **Вильямс, Ф. А.** Теория горения: пер. с англ. / *Ф. А. Вильямс*; пер. *С. С. Новиков, Ю. С. Рязанцев*. — М.: Наука, 1971. — 615 с.
9. **Зельдович, Я. Б.** Математическая теория горения и взрыва / *Я. Б. Зельдович*. — М.: Наука, 1980. — 478 с.
10. **Дьяконов, В. В.** Вернуть статистике достоверность / *В. В. Дьяконов* // Пожарное дело. — 1988. — № 10. — С. 18–23.
11. **Кошмаров, Ю. А.** Пожарная профилактика систем вентиляции / *Ю. А. Кошмаров, М. П. Башкирцев, И. Т. Светашов* [и др.]. — М.: ВИПТШ МВД СССР, 1981. — 158 с.
12. **Романенков, И. Г.** Огнезащита строительных конструкций / *И. Г. Романенков, Ф. А. Левитес*. — М.: Стройиздат, 1991.
13. **Кумагаи, С.** Горение / *С. Кумагаи*; пер. с англ. *С. К. Орджоникидзе, Б. С. Ермолаев*. — М.: Химия, 1979. — 255 с.
14. **Виллюнов, В. Н.** Теория зажигания конденсированных веществ / *В. Н. Виллюнов*. — Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1984. — 189 с.
15. **Франк-Каменецкий, Д. А.** Диффузия и теплопередача в химической кинетике / *Д. А. Франк-Каменецкий*. — М.: Наука, 1987. — 490 с.
16. **Джалурия, Й.** Естественная конвекция: Тепло- и массообмен: пер. с англ. / *Й. Джалурия*. — М.: Мир, 1983. — 399 с.
17. **Роуч, П. Дж.** Вычислительная гидродинамика: пер. с англ. / *П. Дж. Роуч*; под ред. *П. И. Чушкина*. — М.: Мир, 1980. — 616 с.
18. **Варгафтик, Н. Б.** Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей / *Н. Б. Варгафтик*. — М.: ООО “Старс”, 2006. — 720 с.
19. **Полежаев, Ю. В.** Тепловая защита / *Ю. В. Полежаев, Ф. Б. Юрьевич*. — М.: Энергия, 1976. — 391 с.
20. **Исаченко, В. П.** Теплообмен при конденсации / *В. П. Исаченко*. — М.: Энергия, 1977. — 239 с.
21. **Самарский, А. А.** Теория разностных схем / *А. А. Самарский*. — М.: Наука, 1983. — 616 с.
22. **Кодзоба, Л. А.** Методы решения нелинейных задач теплопроводности / *Л. А. Кодзоба*. — М.: Наука, 1975. — 227 с.
23. **Корольченко, А. Я.** Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник / Под ред. *А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко*. — М.: Пожнаука, 2004. — Ч. 1. — 713 с.
24. **Бабичев, А. П.** Физические величины: Справочник / *А. П. Бабичев, Н. А. Бабушкина, А. М. Братковский*. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 1232 с.
25. **Щетинков, Е. С.** Физика горения газов / *Е. С. Щетинков*. — М.: Наука, 1965. — 739 с.

Поступила в редакцию 12.11.07.



Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры “Инженерной теплофизики и гидравлики” Академии ГПС МЧС РФ
М. Н. Горячева



Д-р техн. наук, профессор, начальник кафедры “Инженерной теплофизики и гидравлики” Академии ГПС МЧС РФ
С. В. Пузач



Канд. техн. наук, доцент, заместитель начальника кафедры “Инженерной теплофизики и гидравлики” Академии ГПС МЧС РФ
В. В. Андреев

УДК 532.529:614.84

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПТЕРЬ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КРИТИЧЕСКОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОЖАРА В ПОМЕЩЕНИИ

В рамках интегральной модели развития пожара в помещении проведено исследование зависимости коэффициента теплотерь от времени. Приведены результаты численного расчета коэффициента теплотерь в случае горения твердого горючего материала, расположенного в двух различных помещениях.

Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении невозможно без учета коэффициента теплотерь φ в ограждения. В Рекомендациях [1] принимается, что коэффициент теплотерь не меняется во времени ($\varphi = \text{const}$) и равен 0,6. Однако величина φ зависит от температуры газовой смеси и, значит, является функцией времени, а также теплофизических свойств пожарной нагрузки, размеров и формы помещения.

В данной статье в рамках интегральной математической модели развития пожара в помещении представлен расчет зависимости коэффициент теплотерь φ от времени.

В качестве основной системы дифференциальных уравнений, описывающих изменение среды в помещении, приняты уравнения, представленные в работе [2].

Как и в публикации [2], рассматривались помещения с малой проемностью, позволяющей предположить отсутствие поступление воздуха из окружающей среды. Кроме того, в силу негерметичности помещения давление среды в помещении принималось постоянным, равным давлению окружающей среды. Газ считался идеальным газом с уравнением состояния:

$$p_m = \rho_m R_m T_m, \quad (1)$$

где p_0, p_m — соответственно давление окружающей среды и среднее давление в помещении;

ρ_0, T_0 — плотность и температура среды перед началом пожара;

R_m, ρ_m, T_m — соответственно газовая постоянная, среднеобъемные плотность и температура среды в момент времени t .

Поскольку, как отмечалось выше, $p_m = \text{const}$, а именно $p_m = p_0$, то из уравнения состояния (1) имеем:

$$\rho_m T_m = \rho_0 T_0. \quad (2)$$

Уравнения пожара в помещении, выражающие баланс массы и энергии, в указанных предположениях могут быть представлены в виде:

$$V \frac{d\rho_m}{dt} = \Psi - G_2; \quad (3)$$

$$\Psi Q_n^p \eta - c_p T_m G_2 - Q_w = 0, \quad (4)$$

где V — объем помещения, $V = \text{const}$;

Ψ — скорость газификации горючей нагрузки;

Q_n^p — теплота сгорания горючей нагрузки при постоянном давлении;

η — коэффициент полноты сгорания;

c_p — удельная массовая теплоемкость газовой среды при постоянном давлении;

G_2 — массовый расход газа, выбрасываемого через дверной проем.

Начальное условие системы уравнений (3–4) имеет вид:

$$T_m(0) = T_0, \quad \rho(0) = \rho_0, \quad (5)$$

причем

$$\rho_0 = \frac{p_0}{R_0 T_0}, \quad (6)$$

где p_0 — давление на уровне половины высоты помещения;

R_0 — газовая постоянная воздуха.

В работе дополнительно использованы соотношения:

$$\Psi = \Psi_{y\partial} F_z, \quad F_z = \pi v^2 t^2, \quad (7)$$

где $\Psi_{y\partial}$ — удельная скорость выгорания на единице поверхности пожарной нагрузки;

F_z — площадь поверхности твердого горючего материала, охваченной пламенем при круговом распространении пожара;

v — линейная скорость распространения пламени по площади размещения пожарной нагрузки;

t — время.
Для расчета суммарного конвективного теплового потока в ограждения использованы уравнение теплообмена Ньютона и эмпирические соотношения для термически толстых строительных конструкций [2]:

$$Q_w = \alpha F_w (T_m - T_w), \quad (8)$$

$$T_w = T_0 + 0,2(T_m - T_0) + 0,00065(T_m - T_0)^2, \quad (9)$$

где α — коэффициент теплоотдачи, принятый по ГОСТ [3]:

$$\alpha = 4,07\sqrt[3]{(T_m - T_0)}, \quad \text{если } T_m < 333 \text{ К}, \quad (10)$$

$$\alpha = 11,63 \exp[0,0023(T_m - 273)], \quad \text{если } T_m \geq 333 \text{ К}; \quad (11)$$

F_w и T_w — соответственно суммарная площадь и температура внутренней поверхности помещения.

Радиационный поток в ограждения Q_w^{pad} является определяющим в начале развития пожара, затем по мере задымления помещения постепенно уменьшается, рассеиваясь в сильно задымленной среде. Вследствие этого радиационный поток в ограждения находился по формуле [2]:

$$Q_w^{pad} = \varepsilon C \left(\frac{T_{nl}}{100} \right)^4 \omega F_{pad}, \quad (12)$$

где C — коэффициент излучения абсолютно черного тела, $C = 5,67 \text{ Вт} \cdot \text{м}^2 / \text{К}^4$;

ε — степень черноты пламени;

F_{pad} — площадь поверхности излучения,

$F_{pad} = F_z$;

T_{nl} — температура пламени;

ω — линейный коэффициент, учитывающий ослабление лучистого потока из-за задымления,

$$\omega = 1 - \frac{T_m - T_0}{T_{кр} - T_0};$$

$T_{кр}$ — критическое значение средней температуры в помещении.

В данной работе была предпринята попытка учета радиационного теплообмена: его влияние на развитие пожара оказалось незначимым, что полностью соответствует экспериментальным данным по горению твердых горючих материалов в помещениях с малой проемностью [2].

Скорость тепловыделения вычисляется по формуле:

$$Q_{пож} = \eta \Psi_{y\partial} F_z Q_n^p. \quad (13)$$

Суммарный тепловой поток в ограждения

$$Q_w = \varphi Q_{пож}, \quad (14)$$

где φ — коэффициент теплопотерь, представляющий собой долю поглощенного тепла от всего количества тепла, выделившегося в пламенной зоне [2].

Из системы уравнений (3) и (4) с учетом выражений (2) и (7) нетрудно получить следующую краевую задачу для среднеобъемной температуры газовой среды $T_m(t)$:

$$\frac{dT_m}{dt} = - \frac{\pi v^2 \Psi_{y\partial} t^2}{V T_0 \rho_0} \left[1 - \frac{\eta Q_n^p}{T_m c_p} \times \left(1 - \frac{\alpha F_w (T_m - T_w) + Q_w^{pad}}{\eta \Psi_{y\partial} \pi v^2 t^2 Q_n^p} \right) \right] T_m^2, \quad (15)$$

$$T_m(0) = T_0, \quad (16)$$

где принято: $\rho_0 = 1,205 \text{ кг/м}^3$; $c_p = 1,005 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$; $T_0 = 293 \text{ К}$; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Численное решение задачи Коши (14) и (15) проводилось методом Рунге – Кутты с использованием пакета математических программ *MathCAD*. В ходе решения принималось во внимание изменение вида правой части уравнения (14) при достижении температурой T_m значения, равного 333 К. Величины T_w и α вычислялись по формулам (9) – (11).

При каждом значении T_m коэффициент теплопотерь φ определялся по формуле, полученной с использованием соотношений (8)–(12), т.е.

$$\varphi = \left(\alpha F_w [0,8(T_m - T_0) - 0,00065(T_m - T_0)^2] + \varepsilon C \left(\frac{T_{nl}}{100} \right)^4 \omega F_{pad} \right) (\eta \Psi_{y\partial} \pi v^2 t^2 Q_n^p)^{-1}. \quad (17)$$

В результате найдена зависимость среднеобъемной температуры T_m от времени t , а также коэффициента теплопотерь φ от времени t и температуры T_m . Получено среднее значение φ в интервале температур $T_0 < T_m < T_{кр}$, т.е. за промежутки времени, равный критической продолжительности пожара:

$$\bar{\varphi} = \frac{1}{T_{кр} - T_0} \int_{T_0}^{T_{кр}} \varphi dT_m.$$

Заметим, что определение зависимости коэффициента теплопотерь φ от времени t проводилось в условиях применимости формулы (7), т.е. применимости модели t^2 -пожаров [2].

Критическое значение температуры вычислялось в зависимости от высоты рабочей зоны y по формуле:

$$T_{кр} = T_0 + \frac{343 - T_0}{\frac{y}{2h} \exp\left(1,4 \frac{y}{2h}\right)},$$

где h — половина высоты помещения.

Далее приведены результаты расчетов по предлагаемой методике для твердого горючего материала (древесины), расположенного в двух различных помещениях, в первом случае размером $6 \times 6 \times 3,6$ м, во втором — $24 \times 24 \times 6$ м.

В качестве исходных были приняты следующие данные:

- характеристика помещений:
 - помещение 1:
 - площадь основания $6 \cdot 6 = 36 \text{ м}^2$;
 - объем $129,6 \text{ м}^3$;
 - высота $H = 3,6$ м;
 - помещение 2:
 - площадь основания $24 \cdot 24 = 576 \text{ м}^2$;
 - объем $3456,0 \text{ м}^3$;
 - высота $H = 6$ м;
- теплота сгорания пожарной нагрузки $Q_n^p = 13800 \text{ кДж/кг}$;
- удельная скорость выгорания $\Psi_{y\partial} = 0,0150 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$;
- неполнота сгорания $\eta = 0,9$;

№ п/п	Время, мин	Температура, К	Коэффициент φ
<i>Помещение 1 (6×6×3,6 м)</i>			
1	0	293,00	0,000
2	0,5	293,13	0,015
3	1,0	294,02	0,058
4	1,5	296,30	0,123
5	2,0	300,42	0,203
6	2,5	306,61	0,290
7	3,0	314,94	0,377
8	3,5	325,32	0,459
9	4,0	337,60	0,533
10	4,5	351,82	0,600
11	5,0	368,67	0,666
12	5,5	387,90	0,728
13	6,0	409,19	0,782
14	6,5	432,11	0,824
<i>Помещение 2 (24×24×6 м)</i>			
1	0	293,00	0,000
2	0,5	293,01	0,002
3	1,0	293,04	0,008
4	1,5	293,13	0,018
5	2,0	293,31	0,032
6	2,5	293,60	0,050
7	3,0	294,02	0,071
8	3,5	294,60	0,094
9	4,0	295,35	0,120
10	4,5	296,28	0,148
11	5,0	297,41	0,178
12	5,5	298,74	0,209
13	6,0	300,29	0,241
14	6,5	302,04	0,273
15	7,0	304,01	0,305
16	7,5	306,18	0,337
17	8,0	308,57	0,369
18	8,5	311,15	0,400
19	9,0	313,93	0,430
20	9,5	316,90	0,459
21	10,0	320,05	0,487
22	10,5	323,38	0,514
23	11,0	326,87	0,539
24	11,5	330,52	0,563
25	12,0	334,33	0,586
26	12,5	338,13	0,605
27	13,0	342,20	0,624
28	13,5	346,53	0,645
29	14,0	351,12	0,666
30	14,5	355,96	0,686
31	15,0	361,02	0,707
32	15,5	366,31	0,727

- линейная скорость распространения пожара $v = 0,0019$ м/с.
Результаты расчетов для помещений 1 и 2 сведены в таблицу.

Графическая иллюстрация расчетов приведена на рисунке.

По приведенным в таблице данным с использованием программы *STATGRAPHICS* (Версия 5.1) найдены аппроксимационные зависимости вида:

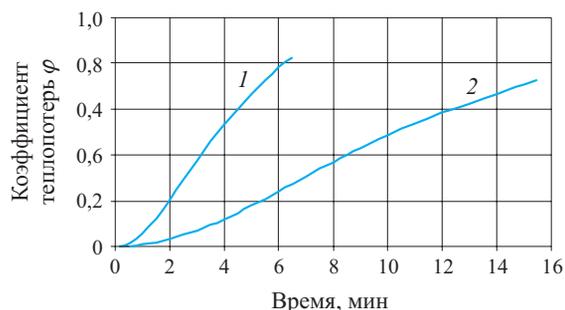
$$\varphi_1 = -0,0451 + 0,1366t \quad (R^2 = 0,999);$$

$$\varphi_2 = -0,0569 + 0,0514t \quad (R^2 = 0,993),$$

устанавливающие связь между временем t и коэффициентом теплопотерь φ для указанных помещений.

Средние значения коэффициента теплопотерь в интервале времени критической продолжительности пожара составляют: $\bar{\varphi}_1 = 0,293$, $\bar{\varphi}_2 = 0,437$.

Результаты расчетов согласуются с данными, полученными с использованием полевой модели [4].



Зависимость коэффициента теплопотерь от времени: 1 — помещение 1; 2 — помещение 2

Вывод. Расчет необходимого времени эвакуации людей из помещения по методу, предложенному в Приложении 2 ГОСТ 12.1.004–91 [3], с использованием значения коэффициента теплопотерь $\varphi = 0,6$ [1] приводит к недооценке воздействия на людей такого опасного фактора пожара, как повышенная температура среды в помещении.

ЛИТЕРАТУРА

- Расчет необходимого времени эвакуации людей из помещения при пожаре. — М.: ВНИИПО МВД СССР, 1989.
- Кошмаров, Ю. А.** Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении / Ю. А. Кошмаров. — М.: Академия ГПС МВД России, 2000.
- ГОСТ 12.1.004–91. Пожарная безопасность. Общие требования.
- Пузач, С. В.** Методы расчета тепломассообмена в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности / С. В. Пузач. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2005.

Поступила в редакцию 18.10.07.



Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры "Инженерной теплофизики и гидравлики" Академии ГПС МЧС РФ
М. Н. Горячева



Д-р техн. наук, профессор, начальник кафедры "Инженерной теплофизики и гидравлики" Академии ГПС МЧС РФ
С. В. Пузач



Канд. техн. наук, доцент, заместитель начальника кафедры "Инженерной теплофизики и гидравлики" Академии ГПС МЧС РФ
В. В. Андреев

УДК 532.529:614.84

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ЗАДЫМЛЕНИЯ В ПОМЕЩЕНИИ

В условиях зонной модели развития пожара в помещении проведено изучение динамики задымления. Представлены методика и результаты численного расчета высоты незадымленной части помещения с учетом зависимости коэффициента теплопотерь от времени в случае горения твердого горючего материала, расположенного в двух различных помещениях.

Изучение динамики высоты припотолочного слоя дыма проводилось в условиях зонной математической модели, разработанной в публикации [1]. Сделанные предположения аналогичны принятым в работе [1].

Уравнения материального баланса и энергии в зоне припотолочного нагретого газа имеют вид:

$$d(\rho V)/dt = G_k; \quad (1)$$

$$\frac{d(c_v \rho T V)}{dt} = c_p T_k G_k - Q_w - p_0 \frac{dV}{dt}, \quad (2)$$

где ρ и T — средние плотность и температура газа в указанной зоне;

V — объем этой зоны;

p_0 — давление в зоне, равное своему начальному значению;

Q_w — тепловой поток от припотолочного слоя в ограждения;

c_v и c_p — теплоемкости газа соответственно при постоянных объеме и давлении;

T_k и ρ_k — соответственно температура и плотность газа в конвективной колонке;

G_k — поток газа, поступающего из конвективной колонки.

Параметры состояния — среднеобъемные плотность и температура ρ и T — связаны между собой соотношением, вытекающим из уравнения состояния идеального газа и условия равенства давления во всех зонах:

$$\rho T = \rho_k T_k = \rho_0 T_0, \quad (3)$$

где ρ_0 и T_0 — плотность и температура холодного окружающего воздуха.

Для определения температур массовых расходов в сечениях конвективной колонки использованы формулы [2]:

$$T_k = T_0 + \frac{Q_{\text{пож}}(1-\chi)}{c_p G_k}, \quad (4)$$

$$G_k = 0,21 \left[\frac{g \rho_0^2 Q_{\text{пож}}}{c_p T_0} (1-\chi) \right]^{1/3} (y_k + y_0)^{5/3}, \quad (5)$$

где $Q_{\text{пож}}$ — тепловыделение в очаге пожара, $Q_{\text{пож}} = \eta \Psi_{\text{yd}} Q_n^P F_z$;

Ψ_{yd} — удельная скорость выгорания;

Q_n^P — теплота сгорания;

η — неполнота сгорания;

χ — доля теплоты, выделившейся в очаге горения и поступающей в ограждения из конвективной колонки, $\chi = Q_k / Q_{\text{пож}}$;

y_k — вертикальная координата нижней границы припотолочного слоя, отсчитываемая от поверхности горения;

y_0 — расстояние от фиктивного источника тепла до поверхности горения, м;

F_z — площадь пожара;

g — ускорение свободного падения.

Очевидно, величина $Q_{\text{пож}}(1-\chi)$ представляет собой конвективную мощность пожара, а доля теплоты, выделившейся в очаге горения и поступающей в ограждения из припотолочной зоны, составляет $\phi - \chi$. Из физических соображений сказанное позволяет сделать вывод: $\chi(t) = \phi(t)/2$. Заметим, что величина χ , а также коэффициент теплопотерь

φ являются функциями времени, однако в работе [1] принято $\chi = 0,3$ и $\varphi = 0,6$.

Расстояние от фиктивного источника тепла до поверхности горения находится из уравнения [2]:

$$y_0 = 1,5\sqrt{F_z}. \quad (6)$$

Рассматривался так называемый t^2 -пожар, площадь которого определяется по формуле:

$$F_z = \pi v^2 t^2, \quad (7)$$

где v — линейная скорость распространения пожара.

Уравнения (1) и (2) с учетом соотношений (3) – (7) легко преобразуются к виду:

$$\frac{dy_k}{dt} = - \frac{(1-\varphi)A}{\rho_0 c_p T_0 F_{nom}} t^2 - \frac{0,21}{\rho_0 F_{nom}} \left[\frac{g \rho_0^2 A (1-\chi)}{c_p T_0} \right]^{1/3} (y_k + y_0)^{5/3} t^{3/2}, \quad (8)$$

где $A = \eta \Psi_{yd} Q_n^p \pi v^2$;

H — высота помещения;

$\rho_0 = 1,205 \text{ кг/м}^3$;

$c_p = 1,005 \text{ кДж/(кг·К)}$;

$T_0 = 293 \text{ К}$;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

F_{nom} — площадь потолка помещения, м^2 .

При выводе уравнения (8) принято во внимание равенство

$$V = F_{nom} (H - y_k - \delta),$$

где δ — расстояние от пола до поверхности горения.

Начальное условие дифференциального уравнения (8) в случае $\delta = 0$ имеет вид:

$$y_k(0) = H. \quad (9)$$

Присутствующий в уравнении (8) коэффициент теплопотерь φ найден ранее авторами в статье [3]. Там же представлена таблица зависимости средне-объемной температуры газовой смеси и коэффициента теплопотерь φ от времени, а также аппроксимационная зависимость величины φ от времени для рассматриваемой задачи при указанных предположениях. Результаты расчета φ использованы при решении уравнения (8).

Численное решение задачи Коши (8) – (9) проводилось методом Рунге – Кутты с использованием пакета математических программ *MathCAD*.

Ниже приведены результаты расчетов по предлагаемой методике для твердого горючего материала (древесины), расположенного в двух различных помещениях, в первом случае размером $6 \times 6 \times 3,6 \text{ м}$, во втором — $24 \times 24 \times 6 \text{ м}$.

№ п/п	Время t , мин	y_k , м	y_k^* , м
<i>Помещение 1 (6×6×3,6 м)</i>			
1	0	3,6	3,6
2	0,5	2,922	3,188
3	1,0	2,228656	2,48749
4	1,5	1,869983	2,108248
5	2,0	1,632758	1,859294
6	2,5	1,439704	1,660399
7	3,0	1,264121	1,481614
8	3,5	1,096394	1,311491
9	4,0	0,932947	1,145502
10	4,5	0,772402	0,981736
11	5,0	0,614222	0,819294
12	5,5	0,458204	0,657689
13	6,0	0,304306	0,496616
14	6,5	0,152541	0,335863
<i>Помещение 2 (24×24×6 м)</i>			
1	0	6	6
2	0,5	5,624	5,774
3	1,0	4,792975	5,052794
4	1,5	3,983677	4,30922
5	2,0	3,307869	3,656339
6	2,5	2,76879	3,115378
7	3,0	2,338365	2,672299
8	3,5	1,987008	2,305258
9	4,0	1,691338	1,994439
10	4,5	1,434503	1,724346
11	5,0	1,204756	1,483542
12	5,5	0,993992	1,263782
13	6,0	0,796628	1,059177
14	6,5	0,608811	0,865531
15	7,0	0,427875	0,679858

Примечание: y_k^* — вертикальная координата нижней границы припотолочного слоя при $\varphi = 0,6$.

В качестве исходных были приняты следующие данные:

- характеристика помещений:

— помещение 1:

площадь основания $6 \cdot 6 = 36 \text{ м}^2$;

объем $129,6 \text{ м}^3$;

высота $H = 3,6 \text{ м}$;

— помещение 2:

площадь основания $24 \cdot 24 = 576 \text{ м}^2$;

объем $3456,0 \text{ м}^3$;

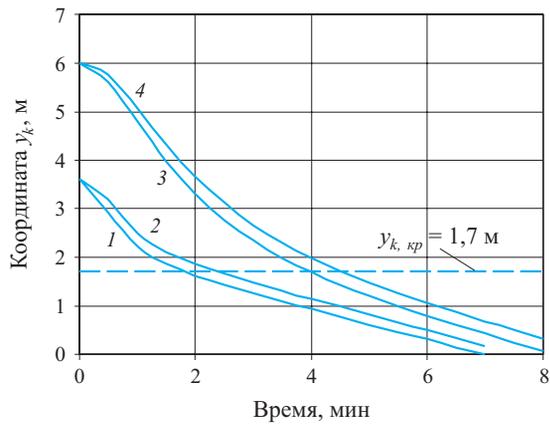
высота $H = 6 \text{ м}$;

- теплота сгорания пожарной нагрузки

$Q_n^p = 13800 \text{ кДж/кг}$;

- удельная скорость выгорания

$\Psi_{yd} = 0,0150 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$;



Зависимость вертикальной координаты y_k от времени: помещение 1: 1 — $\varphi = f_1(t)$; 2 — $\varphi = 0,6$; помещение 2: 3 — $\varphi = f_2(t)$; 4 — $\varphi = 0,6$; $y_{k,кр}$ — критическое значение координаты

- неполнота сгорания $\eta = 0,9$;
- линейная скорость распространения пожара $v = 0,0019$ м/с.

Результаты расчетов для помещений 1 и 2 сведены в таблицу.

На рисунке представлены графические зависимости вертикальной координаты нижней границы припотолочного слоя y_k и y_k^* от времени. Можно видеть, что кривые 1 и 3 расположены ниже соответствующих кривых 2 и 4, построенных при $\varphi = 0,6$, т.е. учет изменения коэффициента теплопотерь φ от времени приводит к снижению критической продолжительности пожара.

Вывод. В зонной модели для уточнения динамики опускания припотолочного слоя необходимо учитывать изменение коэффициента теплопотерь φ от времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Кошмаров, Ю. А.** Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении / Ю. А. Кошмаров. — М.: Академия ГПС МВД России, 2000.
2. **Драйздел, Д.** Введение в динамику пожаров / Д. Драйздел.; пер. с англ. — М.: Стройиздат, 1990.
3. **Горячева, М. Н.** Расчет коэффициента теплопотерь при определении критической продолжительности пожара в помещении / М. Н. Горячева, С. В. Пузач, В. В. Андреев // Пожаровзрывобезопасность. — 2007. — Т. 16, № 6. — С. 21–24.

Поступила в редакцию 18.10.07.



Адъюнкт кафедры “Пожарно-профилактических дисциплин” Тольяттинского военного технического института

Н. В. Ширчков



Канд. техн. наук, эксперт по сертификации электротехники, доцент кафедры “Метрологии, стандартизации и сертификации” ГОУВПО “Мордовский госуниверситет им. Н. П. Огарёва”

В. Н. Ширчков



Канд. техн. наук, начальник кафедры “Пожарно-профилактических дисциплин” Тольяттинского военного технического института

А. В. Каришин

УДК 614.841.415

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ ВНУТРЕННЕГО МОНТАЖА СВЕТИЛЬНИКОВ

Рассматриваются факторы, влияющие на пожарную опасность светильников. Произведены оценки возможных значений токов, протекающих через проводку светильника в аварийных режимах, для различных условий с выделением диапазонов сверхтоков. Выбраны типичные образцы проводов, проанализированы возможности испытаний внутреннего монтажа светильников с обоснованием испытательной установки. Приведены результаты испытаний.

Необходимость разработки методики испытаний внутреннего монтажа светильников, в том числе люминесцентных, следует из результатов работ [1–4], а также из требований к электрическому монтажу светильников [5].

Во-первых, по ГОСТ Р МЭК [5] установлены только минимальные требования к внутреннему монтажу, ориентированные на мощность светильника при нормальной эксплуатации. Требования к сечению проводов, толщине изоляции, механической защите проверяются путем внешнего осмотра. Допускается применение проводов сечением менее 0,5 мм² при номинальном рабочем токе менее 2 А. Рекомендуется, без установления метода испытаний, определять и значение тока при аварийных условиях, когда исключен перегрев изоляции провода [6]. Тем не менее, хорошо известна [7] сложность и неоднозначность механизмов аварийных режимов электропроводок.

Во-вторых, светильники представляют собой, зачастую, достаточно сложное изделие [3], и это послужило основанием для разработки специальных норм пожарной безопасности [8]. О факторах, влияющих на пожарную безопасность светильников, говорится во многих публикациях [1, 3, 4, 9, 10]. Применительно к люминесцентным светильникам выделяют основные пожароопасные элементы [11]: колбы ламп в районе цоколей, обмотки и кор-

пуса пускорегулирующих аппаратов (ПРА), конденсаторы и провода. Существенно, что практически отсутствуют сведения о последствиях коротких замыканий в проводке люминесцентных светильников из-за теплового или механического нарушения изоляции. Представляется возможным возникновение режимов межвитковых коротких замыканий в электромагнитных ПРА и, особенно, выход из строя электронных ПРА. Следует учитывать также, что в эксплуатируемых светильниках с люминесцентными лампами (ЛЛ) отсутствуют плавкие предохранители, а во вновь разрабатываемых светильниках требования НПБ [8] не применяют из-за их необязательного статуса и крайней неудобности замены предохранителей в подвесных и потолочных светильниках.

В-третьих, необходимость испытаний внутренней проводки характерна и для светильников с лампами накаливания (ЛН). Такая проблема стала очевидной в последнее время вследствие постоянно растущих и неконтролируемых поставок светильников и ламп накаливания из стран Азии [2]. Проводка в таких светильниках бывает выполнена очень компактно, помещается в трубках с заливкой, применяются провода нестандартных сечений и др. Отдельного рассмотрения заслуживает вопрос отсутствия в лампах плавких предохранителей [12–14].

Согласно [15] отечественные ЛН должны иметь плавкий предохранитель, “защищающий колбу лампы от взрыва”. Международные стандарты и их отечественные аналоги [16, 17] не содержат прямых указаний на необходимость наличия в ЛН плавкого предохранителя. Это объясняется и тем, что стандарты МЭК обычно не конкретизируют требования к конструкции, а также тем, что плавкий предохранитель “по умолчанию” считается некрепленным элементом ЛН. Ведущие зарубежные производители давно выпускают лампы, снабженные двумя плавкими предохранителями [18, 19]. Существенно также то, что на уровне МЭК отсутствуют конкретные требования к токовременным характеристикам предохранителей, очевидно, по тем же причинам. Несмотря на отсутствие требований к конструкции предохранителя, во всех стандартах [15–17] имеется метод испытаний на “специально вызванный отказ”, предназначенный для инициирования в лампе дугового разряда, часть которого и должен гасить плавкий предохранитель.

В последние годы (2000 – 2007 гг.) происходит постоянный рост поставок ЛН китайского производства без плавких предохранителей с сертификатами соответствия, выданными лабораториями или не имеющими необходимого комплекса испытательного оборудования [12], или использующими ненадлежащие схемы сертификации. С другой стороны, признается [14, 20], что испытания на специально вызванный отказ путем подачи высоковольтного импульса требуют больших объемов выборок (более 50 шт.) и не гарантируют однозначного результата. Неслучайно обсуждается необходимость практической реализации нового метода испытаний [21], основанного на разрушении звена тела накала импульсным лазерным излучением.

Констатируя явную неоднозначность вопроса безопасности ЛН, отметим, что все испытания связаны с наличием внешних предохранителей на испытательных позициях и в установках, прерывающих ток 16–25 А при возникновении дугового разряда в лампе. На практике возможны и до настоящего времени не оценивались аварийные и пожароопасные режимы эксплуатации светильника с ЛЛ, когда наблюдается сочетание нескольких факторов:

- а) в лампе горит дуговой разряд, плавкий предохранитель отсутствуют;
- б) защитный автомат на входе в помещение (квартира, цех, школьный класс и т.д.) неисправен или рассчитан на очень большой ток (сотни ампер);
- в) проводка светильника выполнена проводами ненадлежащего (меньшего) сечения.

Оценки показывают, что время горения дугового разряда будет определяться, в общем случае, положением лампы в пространстве (горизонтальное, вертикальное цоколем вверх или вниз); составом и давлением газового наполнения; размерами монтажа; материалом внутренних звеньев вводов (никель или его сплавы); напряжением сети; величиной тока, который, в свою очередь, зависит от сопротивления общей цепи (светильник + проводка в помещении + переходные сопротивления в контактах + сопротивление трансформатора). Влияние большинства факторов рассматривалось в работах В. С. Литвинова, В. С. Мордюка, В. Н. Корочкова, П. В. Пляскина, С. М. Вучмана, Н. П. Киселевой-Плетневой, А. В. Харитоновой, И. Н. Кошина и др. Это говорит о большой сложности вопроса дугового разряда в ЛН [22, 23]. В данном случае авторы статьи ограничиваются сведениями о том, что время горения дугового разряда может составлять 1–5 с и в крайних случаях приближаться к 10 с.

Произведены укрупненные оценки возможных значений токов, протекающих через проводку светильника, полагая, что имеются в наличии факторы “а” и “б” (см. выше). Для оценок использовалась упрощенная схема, приведенная на рис. 1, и определенные допущения относительно материалов проводов, их диаметров и длины. В первом приближении считаем также, что температура проводов и, соответственно, их удельное сопротивление за время протекания сверхтока резко не меняются. Очевидно, что это слишком сильное предположение заслуживает отдельного обоснования, выходящего, впрочем, за рамки поставленных задач.

Для оценки величины тока введены следующие обозначения (рис. 1):

$R_{л1}, R_{л2}$ — сопротивления проводки в здании от автоматов (АБ) до гнезда подключения светильника (ВГ);

R_{c1}, R_{c2} — сопротивления приводов в светильнике;

R_{mp} — сопротивление трансформатора;

D, E — звенья внутреннего монтажа лампы (ЛН), между которыми горит дуговой разряд (Х·).

Считаем проводку симметричной и $R_{л1} = R_{л2}$, $R_{c1} = R_{c2}$.

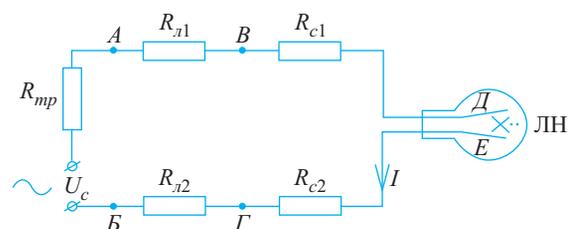


Рис. 1. Эквивалентная электрическая схема для расчета

Для расчета величины тока I сделаем следующие допущения. Проводка выполнена алюминиевым проводом с сечением жилы $S_n = 2,5 \text{ мм}^2$. Длина каждого провода $l_{n1} = l_{n2} = 15 \text{ м}$. Проводка в светильнике соответствует требованиям ГОСТ [5] и сделана медным проводом сечением $S_c = 0,5 \text{ мм}$ и $l_{c1} = l_{c2} = 1 \text{ м}$. Сопротивление трансформатора выбранной мощности 180 кВА составляет $R_{mp} = 0,12 \text{ Ом}$. Переходными сопротивлениями в контактах $AB, BГ$ пренебрегаем. Считаем, что провода не имеют индуктивности и сопротивления R_i — чисто активные. Примем следующие значения удельного сопротивления ($\text{Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$) для температуры проводов, близкой к 100°C : медь — 0,0244; алюминий 0,0355 [19].

Таким образом:

$$R_{n1} + R_{n2} = \rho \frac{2l_{n1}}{S_n} = 0,0355 \frac{2 \cdot 15}{2,5} = 0,426 \text{ Ом};$$

$$R_{c1} + R_{c2} = 0,0244 \frac{2}{0,5} = 0,098 \text{ Ом}.$$

Суммарное сопротивление

$$R = 0,426 + 0,098 + 0,12 = 0,644 \text{ Ом}.$$

Основываясь на [24], предполагаем, что на дуговом разряде в аргоне напряжение составляет $\sim 50 \text{ В}$. Тогда падение напряжения на цепи равно $220 - 50 = 170 \text{ В}$ и расчетное значение тока $I = 170/0,644 = 264 \approx 264 \text{ А}$.

Полученное оценочное значение является весьма приближенным, но порядок величины — сотни ампер — можно считать вполне разумным.

Выбранные значения длины проводов (15 м) характерны для проводки в жилых помещениях; для общественных зданий, школ и детских учреждений следует взять большие значения — 75 и 50 м соответственно. Кроме того, современные СНиП требуют проектировать проводку медными проводами сечения $2,5 \text{ мм}^2$, поэтому целесообразно сделать расчеты и для этих условий. Результаты оценок, выполненных аналогично вышеприведенным, представлены в табл. 1.

Вычисленные значения сверхтока являются крайними оценками и не могут существовать в реальных условиях эксплуатации в течение времени, превышающем несколько секунд. Помимо погасания дугового разряда очень вероятно перегорание проводов внутреннего монтажа светильника. Сам факт перегорания проводов не может служить браковочным признаком, однако сопутствующие эффекты — появление дыма, открытого пламени — могут быть использованы в качестве критериев опасности внутреннего монтажа.

Для проведения оценки возможности испытаний проводки внутреннего монтажа светильников

Таблица 1. Расчетные значения сверхтоков

№ п/п	Проводка в помещении			Суммарное сопротивление R^* , Ом	Сверхток I , А	Примечание
	Материал	l_{n1} , м	$R_{n1} + R_{n2}$, Ом			
1	Al	15	0,426	0,644	260	Вариант жилого помещения
2	Cu	15	0,293	0,511	330	
3	Al	50	1,42	1,638	100	Вариант школьного помещения
4	Cu	50	0,976	1,194	140	
5	Al	75	2,13	2,348	70	Вариант общественного помещения
6	Cu	75	1,464	1,682	100	

* Расчетные значения без округлений.

следовало выбрать типичные образцы проводов. На ЗАО “Трансвет” авторами были получены отрезки проводов типа НВМ сечением $0,5 \text{ мм}^2$, типа ПВЗ сечением $1,0 \text{ мм}^2$. Дополнительно использовали одножильный медный провод сечением $0,17 \text{ мм}^2$ в ПВХ-изоляции. Внешний вид отрезков приведен на рис. 2.

Из табл. 1 следует, что возможный диапазон токов составляет $10-10^2 \text{ А}$. При проведении испытаний необходимо обеспечить [7] плавную регулировку токов, стабильность установленного значения тока при очевидном росте температуры проводника и, соответственно, его сопротивления. В качестве такого источника тока была выбрана поверочная установка типа У300, которая фактически представляет собой многофункциональный регулируемый источник постоянного и переменного (50 Гц) тока и напряжения (рис. 3). Применительно к поставленным задачам У300 обеспечивает регулируемый постоянный ток 50 А при напряжении до 2 В, регулируемый переменный ток до 50 А при напряжении не менее 5 В и до 300 А при напряжении не менее 0,5 В. Плавность регулирования выходного параметра не хуже 0,1% от предела регулирования.

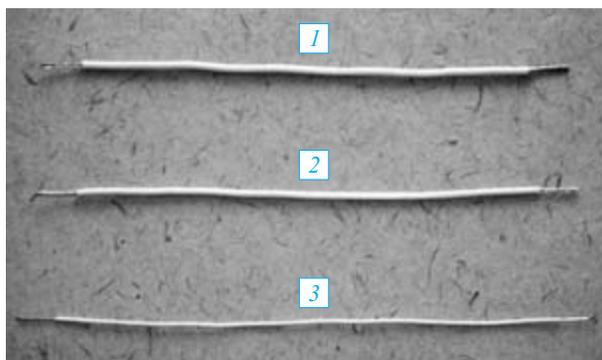


Рис. 2. Внешний вид исследованных проводов сечением, мм^2 : 1 — 1,0; 2 — 0,5; 3 — 0,17

ния. Плавная регулировка на каждом пределе — двухступенчатая. Конструктивно установка выполнена в виде передвижного пульта.

Перед испытаниями отрезки проводов длиной 200 мм снабжались наконечниками (см. рис. 2), которые присоединялись с помощью пайки. Отрезки проводов последовательно подвергались кратковременному воздействию (от 5 до 60 с) сверхтоков в схеме включения, приведенной на рис. 4.

В публикации [7] было показано, что результаты испытаний открытой проводки при больших величинах токов перегрузки, коротком замыкании мож-

но переносить на проводку в трубах и каналах. Это связано с тем, что за сравнительно небольшое время воздействия (единицы секунд) процессы теплообмена с внешней средой весьма слабо влияют на термические явления в объеме провода. Поэтому провода нагружались на открытом пространстве в условиях отсутствия сквозняков и заметного движения воздуха. Результаты испытаний представлены в табл. 2 и выборочно на рис. 5.

Проведенные выше оценки — расчетные и экспериментальные — показали возможность испытаний проводки внутреннего монтажа светильников посредством кратковременного прохождения сверхтока. Причинами возникновения сверхтока могут служить (для люминесцентных светильников) короткое замыкание проводки в местах подключения ее к ПРА, в том числе электронным (ЭПРА), выход из строя ПРА и ЭПРА с короткими замыканиями элементов. В этих случаях ЛЛ оказывается или отключенной, или нагруженной на сетевое напряжение, и после возрастания тока у нее разрушаются электроды, а цепь прерывается. В любом случае появление кратковременных сверхтоков возможно, а их величины будут иметь тот же порядок (см. табл. 1).

Таким образом, предполагается, что после осмотра электрической схемы внутреннего монтажа делаются искусственные замыкания в патронах, клеммных колодках и создаются условия для протекания возможных сверхтоков. Ранее мы сделали попытку выделить диапазоны сверхтоков применительно к типу помещений, где эксплуатируются светильники (см. табл. 1). Конечно, этот вопрос должен быть рассмотрен отдельно с учетом длин $l_{л1}$, $l_{л2}$ для реальных проектов электрической проводки в помещениях. Возможно, следует учитывать

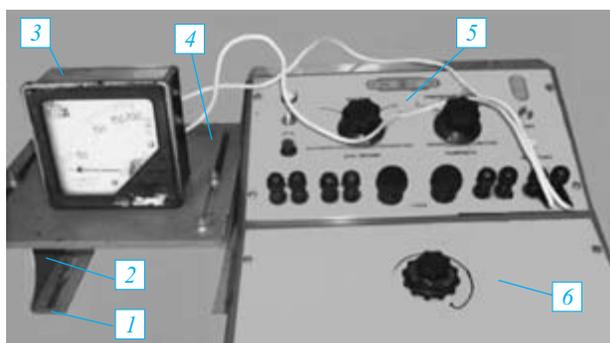


Рис. 3. Испытательная установка УЗ300: 1 — прижим; 2 — скоба; 3 — амперметр; 4 — панель; 5 — блок коммутации; 6 — блок регулирования

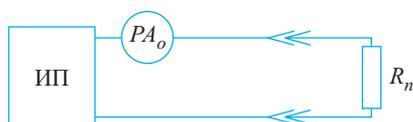


Рис. 4. Схема испытания электропроводки: ИП — источник питания от 0 до 300 А; PA_o — образцовый амперметр класса точности 0,2; R_n — отрезок испытываемого провода

Таблица 2. Влияние сверхтоков на провода внутреннего монтажа светильников

№ п/п	Тип сечения провода, мм ²	Ток, А	Время воздействия, с	Наличие повреждений	Примечание
1		10	10	Нет	
2	ПХВ, 0,17	25	5	Оплавление изоляции, дым	
3		27	5	Перегорание, задымление	Нагрев до оранжевого цвета
4	НВМ, 0,5	30	10	Нет	
5		45	5	Оплавление изоляции, дым	
6		50	10	Перегорание, задымление	Нагрев до оранжевого цвета
7	ПВЗ, 1,0	40	30	Нет	
8		50	30	Оплавление изоляции, дым	
9		50	60	Оплавление изоляции, дым	
10		60	10	Перегорание, задымление	Испытание последовательно 7, 8, 9, 10
11		60	30	Перегорания нет	60 А подано на новый образец
12		+60	+30	Перегорания нет	Образец № 11

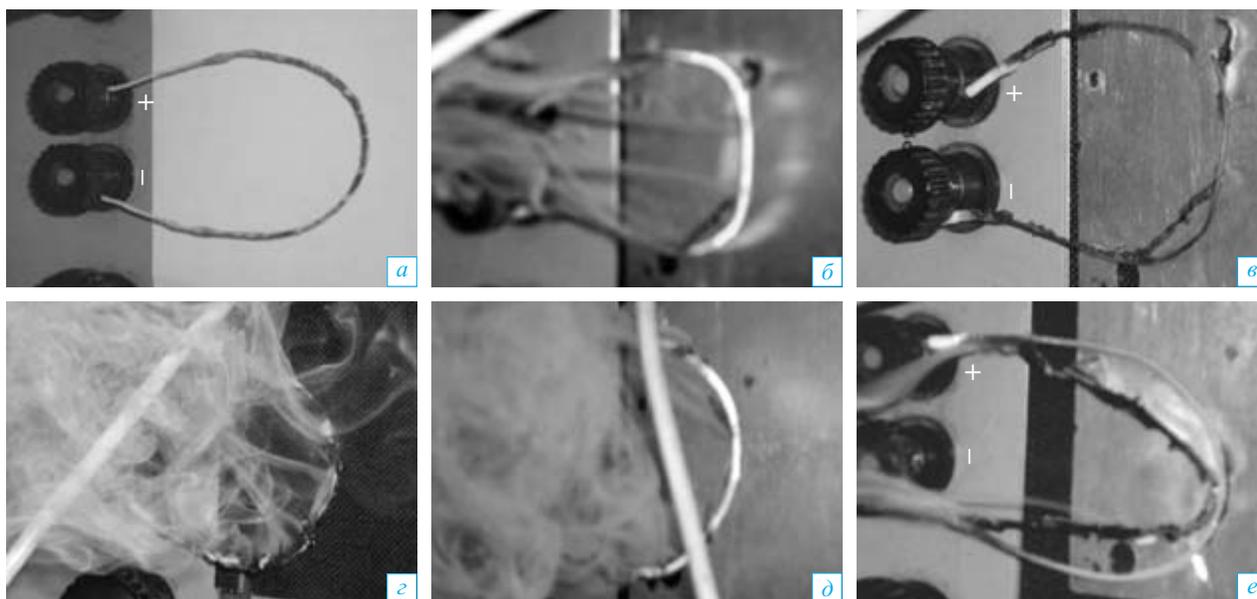


Рис. 5. Состояние изоляции проводов: *а* — сечением $0,17 \text{ мм}^2$ после воздействия тока 25 А за время 5 с ; *б* — сечением $0,5 \text{ мм}^2$ после воздействия тока 50 А за время 10 с ; *в* — сечением $0,5 \text{ мм}^2$ после воздействия тока 50 А за время 30 с ; *г* — сечением $1,0 \text{ мм}^2$ после воздействия тока 50 А за время 60 с ; *д* — сечением $1,0 \text{ мм}^2$ после воздействия тока 60 А за время 10 с ; *е* — сечением $1,0 \text{ мм}^2$ после воздействия тока 60 А за время 30 с

приемлемые значения рисков [25, 26] возникновения аварийных режимов для помещений с различ-

ными классами функциональной пожарной опасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Будасов, А. Н. Исследование пожарной безопасности светотехнических изделий / А. Н. Будасов, Н. Г. Колпин, В. Н. Ширчков [и др.]; под ред. Л. В. Абрамовой // Проблемы и перспективы отечественной светотехники: сб. науч. тр. Всерос. науч. конф. — Саранск: СВМО, 2002. — С. 215–220.
2. Ширчков, В. Н. Сертификация электротехнической продукции: Монография / В. Н. Ширчков, А. И. Терешкин, Т. А. Рожкова [и др.]. — Саранск: СВМО, 2006. — 124 с.
3. Боков, Г. В. Недостатки сертификации электротехнической продукции в области пожарной безопасности / Г. В. Боков, Т. Н. Клепикова, В. И. Кобец // Пожарная безопасность. — 2003. — № 4. — С. 113–117.
4. Сашин, В. Н. Пожарная безопасность светотехнических изделий / В. Н. Сашин, В. В. Смирнов // Пожаровзрывобезопасность. — 1997. — Т. 6, № 3. — С. 35–38.
5. ГОСТ Р МЭК 60598-1-2003. Светильники. Общие требования и методы испытаний. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. — 143 с.
6. ГОСТ Р МЭК 598-1-96. Светильники. Часть 1. Общие требования и методы испытаний. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 1997. — 185 с.
7. Смелков, Г. И. Пожарная опасность электропроводок при аварийных режимах / Г. И. Смелков. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 183 с.
8. НПБ 249-97. Светильники. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний. — М.: ВНИИПО, 1997. — 10 с.
9. Смелков, Г. И. О концепции пожарной безопасности электрических изделий / Г. И. Смелков // Пожаровзрывобезопасность. — 1992. — Т. 1, № 2. — С. 28–32.
10. Смелков, Г. И. Совершенствование методов вероятностной оценки пожарной безопасности электрических изделий / Г. И. Смелков, В. А. Пехотиков, О. И. Тескин [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. — 1995. — Т. 4, № 3. — С. 5–9.
11. Демуцкая, Л. И. Некоторые особенности возникновения пожаров при использовании люминесцентных светильников / Л. И. Демуцкая // Журнал ПБИТ. — 1996. — № 4. — С. 129–130.

12. **Терешкин, А. И.** Качество и безопасность источников света в интересах потребителя / А. И. Терешкин, В. Н. Ширчков // Светотехника. — 2004. — № 6. — С. 86–87.
13. **Корочков, Ю. А.** Проблемы и задачи сертификации светотехнической продукции / Ю. А. Корочков, А. Е. Набойщиков, В. Н. Ширчков [и др.]; под ред. Л. В. Абрамовой // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и электроэнергетики: сб. науч. тр. III Всерос. науч.-техн. конф. — Саранск: СВМО, 2005. — С. 202–204.
14. **Ваганов, Е. В.** Некоторые вопросы сертификации тепловых источников света / Е. В. Ваганов, А. Е. Набойщиков, В. Н. Ширчков [и др.] // Технические и естественные науки: проблемы, теория, эксперимент. Межвуз. сб. науч. тр. — Вып. VI. — Саранск: РНИИЦ, 2006. — С. 42–47.
15. ГОСТ 2239–79. Лампы накаливания общего назначения. Технические условия. — М.: Изд-во стандартов, 1989. — 34 с.
16. ГОСТ Р МЭК 60432-1–99. Требования безопасности для ламп накаливания. Часть 1. Лампы накаливания вольфрамовые для бытового и аналогичного общего освещения. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. — 28 с.
17. ГОСТ Р МЭК 60064–99. Лампы накаливания вольфрамовые для бытового и аналогичного общего освещения. Эксплуатационные требования. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000. — 70 с.
18. **Вугман, С. М.** Исследования плавких предохранителей ламп накаливания / С. М. Вугман, А. Н. Косинец, О. М. Муратов [и др.] // Электрические источники света. Труды. Вып. IX. — Саранск: Мордов. кн. изд-во, 1978. — С. 3–9.
19. **Вугман, С. М.** Характеристики и конструктивные особенности плавких предохранителей ламп накаливания / С. М. Вугман, А. А. Семенова // Электрические источники света. Труды. Вып. XIII. — Саранск: Мордов. кн. изд-во, 1982. — С. 61–64.
20. **Ваганов, Е. В.** Особенности сертификации ламп накаливания / Е. В. Ваганов, Т. А. Рожкова, А. И. Терешкин [и др.] // Светотехника. — 2006. — № 5. — С. 50–53.
21. **Кочетков, Д. И.** Новый метод испытания ламп накаливания на безопасность / Д. И. Кочетков, В. Н. Ширчков, Т. А. Рожкова [и др.]; под ред. В. К. Свешникова // Фундаментальные и прикладные проблемы физики полупроводников и источников света: тез. докл. V Всерос. конф. — Саранск: Мордов. гос. пед. ин-т, 2007. — С. 92–93.
22. **Корочков, В. Н.** К вопросу о возникновении разряда в лампах накаливания / В. Н. Корочков, П. В. Пляскин, А. А. Спиринов [и др.] // Светотехника. — 1973. — № 4. — С. 8–10.
23. **Кошин, И. Н.** Условия возникновения дугового разряда в тепловых источниках оптического излучения / И. Н. Кошин, А. В. Харитонов. — Саранск: Мордов. ун-т., 2000. — 13 с. — Деп. в ВИНТИ 06.04.00, № 924-В00.
24. **Рохлин, Г. Н.** Разрядные источники света / Г. Н. Рохлин. — М.: Энергия, 1984. — 649 с.
25. **Белов, П. Г.** Социально-экономические аспекты нормирования риска / П. Г. Белов // Стандарты и качество. — 2007. — № 1. — С. 24–29.
26. **Аронов, И. З.** Морально-этические аспекты нормирования безопасности / И. З. Аронов // Стандарты и качество. — 2006. — № 3. — С. 28–32.

Поступила в редакцию 23.10.07.



Д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности полетов и жизнедеятельности МГТУ гражданской авиации, член-корреспондент Академии наук авиации и воздухоплавания

Б. В. Зубков



Доцент кафедры безопасности полетов и жизнедеятельности МГТУ гражданской авиации

А. Н. Бочкарев



Аспирант кафедры безопасности полетов и жизнедеятельности МГТУ гражданской авиации

А. С. Зенков

УДК 658/562:621.396:681.5

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ

Рассматриваются технические средства и методы обеспечения транспортной и пожарной взрывобезопасности, дальнейшее внедрение которых в практику работы транспортного комплекса позволит активно противодействовать актам террора и незаконного вмешательства на объектах транспорта.

Одним из важнейших направлений защиты объектов транспортного комплекса от актов незаконного вмешательства, в том числе пожара, является оборудование их локализаторами взрывных и зажигательных устройств (далее ВУ) в случае их возможного обнаружения. Локализаторы взрывных устройств должны быть в обязательном порядке на пунктах досмотра, а также на воздушных судах (далее ВС).

Порядок предотвращения взрыва и пожара следующий:

- при обнаружении взрывного (зажигательного) устройства (любого подозрительного предмета, не имеющего владельца) передать диспетчеру органа управления воздушным движением (далее УВД) его описание, место обнаружения и действовать в соответствии с указаниями специалистов по обезвреживанию ВУ;
- не нарушая центровки ВС, пересадить пассажиров на максимально возможное удаление от местонахождения опасного предмета (не менее 4-х рядов кресел), попросив их пристегнуть привязные ремни, привести спинки кресел в вертикальное положение и устроив завал на освободившихся местах из подручных мягких предметов. Если предполагаемое ВУ находится под салоном, находящиеся сверху кресла должны быть свободными;
- перенести из зоны размещения ВУ портативные кислородные баллоны, горючие предметы и ме-

дицинские аптечки. Подготовить к использованию средства пожаротушения;

- при возможности произвести срочную посадку, ВУ оставить на месте, предохранить от влаги, накрыв полиэтиленом, и обложить мягкими, мокрыми предметами, поглощающими взрывную волну и уменьшающими опасность возникновения пожара;
- в случае невозможности произвести срочную посадку экипаж после получения необходимых рекомендаций диспетчера органа УВД может принять решение о перемещении обнаруженного ВУ (подозрительного предмета), особенно если его местонахождение представляет реальную опасность для пассажиров и самолета. Для каждого типа ВС должен быть определен перечень наименее опасных мест размещения ВУ в случае его взрыва:

- определить тип ВУ во избежание срабатывания механизма взрыва на подъем и возможности его переноса в наименее опасное место;
- не касаясь опасного предмета, подвести под него нитку или тонкий твердый картон: если нитка или картон не проходит, предмет оборудован ВУ, срабатывающим на подъем. В этом случае подозрительный предмет переносить нельзя, его необходимо накрыть максимальным количеством поглощающих энергию взрыва увлажненных материалов (люди должны находиться как можно дальше от данного предмета,

экипажу следует быть готовым к отказу систем управления ВС, находящихся вблизи возможного места взрыва);

- если нитка или картон свободно проходит под опасным предметом, его можно перенести в специальное место, где взрыв принесет минимальный ущерб;
- в случае установления возможности перемещения опасного предмета, не нарушая ориентации предмета относительно салона ВС, осторожно положив на платформу, как можно быстрее перенести его в наименее опасное для данного типа ВС место (к дверям и люкам);
- подготовить место возможного взрыва соответствующим образом: сделать платформу из мягких материалов до высоты середины двери, поверх положить увлажненный материал толщиной не менее 25 см, а сверху — покрытый полиэтиленом опасный предмет;
- зафиксировать данный предмет в установленном месте (липкой лентой ПХЛ-50, которая должна быть на борту ВС) и накрыть его увлажненными подручными средствами (самолетными чехлами, подушками, одеялами, предметами одежды и т.п.) слоем высотой порядка 25 см;
- заполнить отсек ВС предварительно намоченными материалами (смоченные материалы противостоят нагреванию и уменьшают риск пожара).

При перемещении ВУ (опасного предмета) следует выполнять некоторые правила:

- нельзя открывать ВУ;
- осмотреть, не закреплено ли ВУ, к примеру, ниткой или другим способом за детали интерьера салона;
- перемещать ВУ осторожно, не меняя ориентации, в которой оно было обнаружено;
- размещать ВУ в той же ориентации в подготовленном месте, обложенном вокруг, как указано выше, и по возможности закрепить, исключив его смещение в полете или при торможении и посадке ВС;
- по мере возможности отключить не являющиеся важными линии электропитания в зоне размещения ВУ;
- спинки кресел и столики привести в вертикальное положение, рекомендовать пассажирам пристегнуть ремни и наклонить голову к коленям;
- в случае обнаружения зажигательного устройства действовать в той же последовательности и в соответствии с правилами обеспечения пожарной безопасности, не допуская при тушении легковоспламеняющихся жидкостей применения нештатных средств пожаротушения;

- как можно быстрее произвести посадку ВС и организовать аварийную эвакуацию пассажиров, избегая при этом пользования выходами вблизи места нахождения опасного предмета. По окончании эвакуации экипажу покинуть ВС. Обезвреживание взрывных и зажигательных устройств производится после посадки ВС и эвакуации пассажиров специалистами группы по ликвидации угрозы взрыва;
- в случае, если местонахождение взрывного (зажигательного) устройства обнаружить в полете не удалось, обеспечить экстренную посадку ВС на ближайшем приемлемом аэродроме с последующей срочной эвакуацией пассажиров.

При обнаружении ВУ нельзя перерезать или отключать какие-либо провода. Любая попытка проникновения внутрь запечатанного ВУ без консультации со специалистами и использования рентгеновского оборудования может привести к взрыву.

Рекомендуется также обкладывать взрывное устройство пакетами с соком, которые выполняют функцию экрана, а также снижают разлет осколков и вероятность возгорания.

Наименее опасными местами для размещения взрывного устройства на воздушном судне являются места в центральной части открываемых проемов, которые могут быть разрушены без причинения повреждений конструкционным элементам ВС (районы служебных дверей, грузовых и аварийных люков), если специально не указано конкретное место для данного воздушного судна. С целью уменьшения возможности вылета больших осколков за пределы воздушного судна каждая из дверей, используемая в качестве “наименее опасного места размещения взрывного устройства”, должна оставаться закрытой, если не определено иначе.

Рассмотрим некоторые проблемные вопросы:

1. При нахождении воздушного судна в полете на эшелоне найденное взрывное устройство предлагается покрыть полиэтиленом и обложить увлажненными подушками, одеялами, предметами одежды и другими взрывопоглощающими материалами.

Данная рекомендация относится к разряду тех, выполнение которых может привести к несанкционированному срабатыванию целого ряда довольно распространенных в последнее время взрывных устройств, а именно — противопехотных фугасных мин с нажимным датчиком цели типа ПМН, ПФМ-1, ПМД-6. Такая мина, будучи приведенной из транспортировочного положения в боевое, срабатывает при воздействии на нее нажимного усилия 100 гс и более и не срабатывает при отсутствии такого воздействия. При применении на борту воздушного судна предлагаемого в проекте средства защиты от угрозы взрыва исключается необходи-

мость накрывать взрывное устройство смоченным материалом и, как следствие, исключается вероятность нажимного воздействия.

2. В “Руководстве по безопасности для защиты гражданской авиации от актов незаконного вмешательства” предлагается “продумать вопрос о перемещении взрывного устройства в наименее опасное место размещения взрывного устройства на борту воздушного судна в соответствии с руководствами эксплуатации конкретных типов самолетов”. В действительности, на всех типах воздушных судов рекомендуется в большинстве случаев располагать взрывное устройство у входной двери, вплотную к ее обшивке. Такая схема размещения продиктована мыслью, что после взрыва произойдет быстрое разрушение двери и сброс избыточного давления через образовавшуюся пробоину. Однако движение тел под воздействием взрывных нагрузок начинается не в проходящей ударной волне, а в волне разгрузки, которая возникает в материале преграды только после выхода ударной волны на ее свободную поверхность. При этом реальное заметное движение входной двери начнется тогда, когда воздушная ударная волна и осколки уже преодолеют значительное расстояние по салону с нанесением соответствующего поражающего воздействия (или за счет множественных отражений). При таком движении в первую очередь поражающему воздействию будут подвергнуты наиболее уязвимые объекты, например человек, контузия которого наступает при действии избыточного давления во фронте ударной волны 0,1 атм и более. К тому же двери представляют собой довольно толстостенную многослойную конструкцию.

На воздушном судне вероятность использования взрывного устройства большой массы во много раз ниже, чем малого. Таким образом, при использовании буровой шашки ТНТ массой 75 г при полете на малых высотах, определенных “Руководством...” для условий появления угрозы взрыва, наиболее вероятным результатом будет деформация и заклинивание двери с невозможностью ее дальнейшего использования для эвакуации людей.

При использовании предлагаемого устройства место расположения взрывного устройства не препятствует эвакуации, а его поражающее воздействие от ударной волны исключается.

3. В условиях прямого контакта поролоновых подушек и ковровых дорожек, даже пропитанных водой, с высокотемпературными продуктами детонации и горения возможно возгорание или тление материалов с выделением токсичных веществ. При этом шансы на спасение людей резко падают.

Взрывное устройство может содержать химическую начинку как поражающий элемент. Защиту от нее не могут обеспечить подручные материалы.

Нами проведен обзор технических средств, которые по своим заявленным техническим характеристикам гарантируют полную изоляцию взрывного устройства, а также его поражающего воздействия (продуктов взрыва и горения), включая газообразные вещества.

В настоящее время на рынке средств безопасности представлен достаточно широкий выбор средств локализации и снижения поражающих воздействий взрывного устройства. Рассмотрим некоторые разработки, которые применяются в настоящее время.

Отечественной промышленностью выпускаются легкое и тяжелое противоосколочные одеяла (рис. 1) на основе баллистически стойкой ткани СВМ (отечественного аналога кевлара), которые могут быть эффективно использованы для локализации действия взрыва как осколочных, так и фугасных боеприпасов различных типов. Недостатком таких одеял, ограничивающим их применение, является неудобство укладки на ВУ, расположенные вблизи вертикальных стенок, под скамейками, в углах помещения и т.п. Кроме того, существенным недостатком является и возможность приведения к срабатыванию взрывателей с элементом неизвлекаемости или магнитным датчиком цели при укладке одеяла на ВУ или снятии с него.

Необходимо иметь в виду, что при взрыве под одеялом осколочных боеприпасов, например ручных гранат типа РГО и Ф-1, имеется значительная вероятность “выдувания” и разлета в приземном слое воздуха некоторой части осколков (до 20%).

Эти же недостатки в полной мере характерны и для распространенных за рубежом, прежде всего в Великобритании, резиновых водонаполненных матов, имеющих различные обозначения и наименования.



Рис. 1. Противоосколочное одеяло



Рис. 2. Контейнер ЭТЦ-1 производства НПП “Экотест”

Из числа производимых промышленностью и прошедших сертификацию Госстандарта контейнеров в настоящее время достаточно высокими эксплуатационными характеристиками обладают контейнеры “Плутон-1” и ЭТЦ-2. Они позволяют предотвратить поражение окружающих людей и оборудования при взрыве в их рабочей камере ВОП с массой заряда ВВ до 400 г в тротиловом эквиваленте. Конструкция контейнера “Плутон-1” обеспечивает возможность неповреждающего улавливания и извлечения осколков ВОП при его взрыве в рабочей камере для их последующего исследования в экспертно-криминалистических целях.

Контейнер ЭТЦ-1 (рис. 2) предназначен для хранения и транспортировки в основном средств детонирования — капсюлей-детонаторов и электродетонаторов. Контейнер выдерживает взрыв заряда взрывчатого вещества до 10 г в тротиловом эквиваленте, что соответствует 5–6 электродетонаторам типа ЭД № 8 или ЭДП.

Масса размещаемого взрывчатого вещества (в тротиловом эквиваленте), г	10
Габаритные размеры, мм:	
длина	200
диаметр	70
Диаметр загрузочного отверстия, мм	70
Длина внутренней полости, мм	76
Масса, кг, не более	2,2

Контейнер ЭТЦ-2 (рис. 3) предназначен для хранения и транспортировки взрывных устройств, в том числе армейских боеприпасов, за исключением кумулятивных, с массой заряда взрывчатого вещества до 0,5 кг в тротиловом эквиваленте. Например, в нем можно транспортировать 8–10 гранат типа Ф-1 или 5 гранат типа РГД-5. Контейнер комплектуется тележкой для транспортировки его вручную по лестницам, эскалаторам. Он может быть размещен в багажнике любого легкового автомобиля. Контейнер снабжается специальным металлическим вкладышем для проведения многократных



Рис. 3. Контейнер ЭТЦ-2 производства НПП “Экотест”

подрывов зарядов малой массы, например детонаторов и запалов ручных гранат.

Контейнеры гарантируют полное отсутствие бризантного, фугасного и осколочного воздействия на лиц, находящихся в непосредственной близости от контейнеров, при взрыве в них взрывных устройств или взрывчатых веществ различной массы в любой осколочной оболочке. Корпуса контейнеров обеспечивают также полное отсутствие прорыва газообразных продуктов, образующихся при взрыве.

Масса размещаемого взрывчатого вещества (в тротиловом эквиваленте), г	400
Габаритные размеры, мм:	
длина	615
диаметр	412
Диаметр загрузочного отверстия, мм	163
Длина внутренней полости, мм	400
Масса, кг, не более	70

Контейнеры ЭТЦ-3 (рис. 4) и ЭТЦ-3М предназначены в основном для хранения взрывных устройств или подозрительных предметов в стационарных условиях, аэропортах, на станциях метрополитена, вокзалах и других объектах транспортного комплекса. В этих контейнерах можно располагать взрывные устройства соответственно с массой

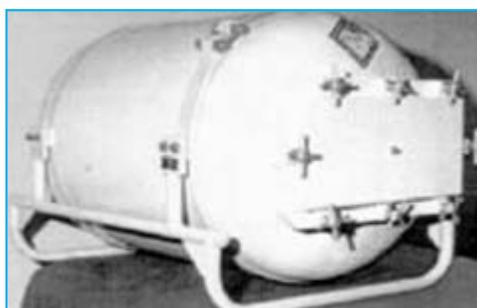


Рис. 4. Контейнер ЭТЦ-3 производства НПП “Экотест”

заряда взрывчатого вещества до 0,85 и 1,5 кг в тротиловом эквиваленте с любой осколочной оболочкой. Контейнер ЭТЦ-3М комплектуется подъемно-транспортной тележкой для загрузки его в транспортное средство.

Масса размещаемого взрывчатого вещества (в тротиловом эквиваленте), г	850
Габаритные размеры, мм:	
длина	1000
диаметр	640
Габариты загрузочного отверстия, мм	180×390
Длина внутренней полости, мм	500
Масса, кг, не более	170–320

Однако устройства данного типа выпускаются не только НПП “Экотест”. Достаточно привлекательной разработкой и применяемой на практике является “Плутон-1” производства “Арли Спецтехника” (рис. 5).

Контейнер предназначен для быстрой изоляции, временного хранения и перевозки транспортными средствами (в том числе авиационными) взрывоопасных предметов — взрывных устройств, средств взрывания и неразорвавшихся боеприпасов. Контейнер может также использоваться для безопасной транспортировки к месту применения средств взрывания и других боеприпасов.

При срабатывании взрывного устройства, помещенного в контейнер, обеспечивается полная защита окружающего пространства от осколков, ударной волны, продуктов взрыва и пожара. Контейнер после взрыва остается герметичным.

Контейнер переносится 1–2 человеками, а при транспортировке легко размещается в багажнике или на сиденьи легкового автомобиля.

Масса размещаемого взрывчатого вещества (в тротиловом эквиваленте), г	400
Габаритные размеры, мм:	
высота	480
диаметр	254
Диаметр загрузочного отверстия, мм	120
Длина внутренней полости, мм	350
Масса, кг, не более	45



Рис. 5. Контейнер “Плутон-1”



Рис. 6. Локализатор взрывного воздействия “Фонтан-3”

Все более широко в последнее время стали применяться взрывозащитные контейнеры, основанные на принципе жидкостных сред. К таковым относятся локализаторы взрыва типа “Фонтан” производства НПО “Специальных материалов” (рис. 6).

Локализаторы взрыва “Фонтан” представляют собой переносные многокамерные контейнеры, заполненные специальной эмульсией (газожидкостным диспергентом), по контуру которых выполнен противоосколочный экран на основе арамидных волокон. Принцип работы изделия основан на первичном гашении взрывной волны при прохождении слоя двухфазного диспергента, последующей диссипации энергии взрыва (за счет диспергирования эмульсии) и преобразовании ее в кинетическую энергию капель. Диспергент подавляет также термическое действие взрыва, предотвращая ожоговые поражения людей и возгорание объектов, ослабляет осколочное воздействие за счет уменьшения начальной энергии осколков, а противоосколочный экран обеспечивает дополнительное снижение осколочного потока. Поражающее действие ударной волны при взрыве заряда, накрытого изделием “Фонтан”, уменьшается в 10–20 раз, а количество осколков при подрыве ручных гранат — более чем в 10 раз.

Существует несколько модификаций данного изделия:

	Фонтан-1М	Фонтан-3М
Масса размещаемого взрывчатого вещества (в тротиловом эквиваленте), г	400	1000
Габаритные размеры, мм:		
длина	180	400
диаметр	550	750
Диаметр загрузочного отверстия, мм	300	420
Длина внутренней полости, мм	100	300
Масса, кг, не более	22	55

Существуют также модификации контейнерного и модульного типа.

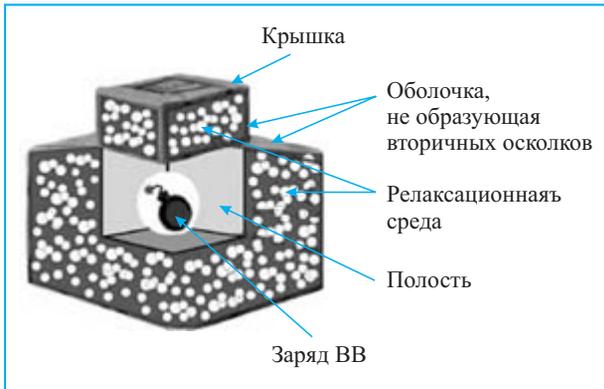


Рис. 7. Конструкция “Фонтан-3МК”

Контейнерный тип применяется для экстренной переноски взрывного устройства, модульный — для локализации взрывного устройства достаточно большой мощности без перемещения. Примерами модульных “Фонтанов” являются “Фонтан-5000” и “Фонтан-2” (Модульный).

Совсем недавно были проведены испытания новой разработки “Фонтан-3МК” (рис. 7). Данный вариант контейнерного типа был опробован на Ил-96-300. Два таких устройства были включены также в комплектацию двух самолетов, поставляемых на Кубу. Рассмотрим подробнее данное устройство.

Масса размещаемого взрывчатого вещества (в тротиловом эквиваленте), г	500
Габаритные размеры, мм	780×780×490
Размеры внутренней полости, мм	280×280×220
Размеры крышки, мм	490×490×270
Масса, кг, не более.....	90

Изделие подвешивается к потолку третьего грузового отсека в специальной конструкции из такелажных строп и дюралевой рамы.

При выбранной схеме установки локализатора взрыва на борту самолета Ил-96-300 (рис. 8) наибольшее избыточное давление ударной волны при взрыве ТНТ массой 0,5 кг наблюдается в грузовом отсеке непосредственно под локализатором (рис. 9) и составляет 25–35 кПа вблизи пола отсека. В пассажирском салоне избыточное давление на расстоянии около 2 м от центра взрыва не превышает 5 кПа.

На воздушном судне более вероятно применение взрывного устройства маленькой массы, нежели большой.

Фонтан-3МК снижает поражающее действие взрыва, а именно поражающее действие ударной

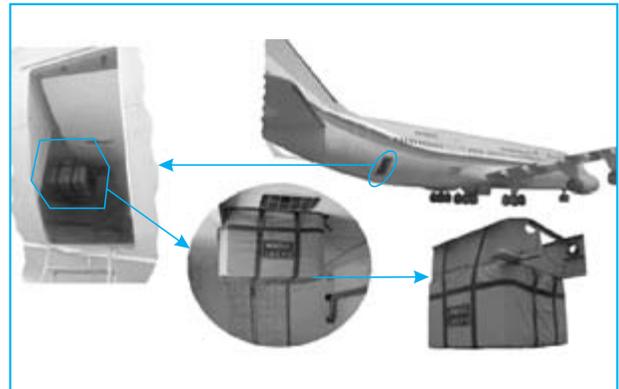


Рис. 8. Расположение устройства “Фонтан-3МК” во время испытаний на полигоне НПО “Специальных материалов”

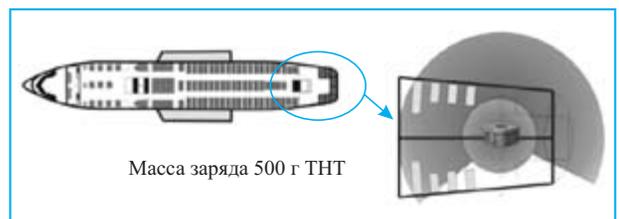


Рис. 9. Зоны фугасного поражения при взрыве открытого заряда ТНТ и локализованного устройством “Фонтан 3МК”

волны при взрыве заряда, накрытого изделием “Фонтан”, уменьшается в 10–20 раз, а количество осколков при подрыве ручных гранат — более чем в 10 раз.

Взрывозащитный контейнер ЭТЦ-2 гарантирует полную защиту от всех поражающих факторов взрывного устройства мощностью 400 г в тротиловом эквиваленте для человека, находящегося в непосредственной близости от него. К тому же устройство исключает прорыв газообразных продуктов горения, образующихся при взрыве, что немаловажно в ограниченном объеме салона самолета. Это говорит о герметичности контейнера, что может служить основанием для его двойного использования — в случае обнаружения баллона с отравляющим веществом или же если взрывное устройство содержит поражающие элементы химического типа.

Таким образом, широкое использование комплекса технических средств обеспечения транспортной безопасности, в том числе локализаторов поражающего воздействия взрывного устройства, позволит успешно противостоять актам террора и незаконного вмешательства, что обеспечит стабильную и эффективную работу транспортного комплекса в современных условиях.

Поступила в редакцию 06.09.07.



Преподаватель Института противопожарной безопасности Вьетнама, адъюнкт кафедры "Инженерной теплофизики и гидравлики" Академии ГПС МЧС РФ

Л. Ш. Хой

УДК 614.8(597)

ОБСТАНОВКА С ПОЖАРАМИ И ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ВЬЕТНАМА

В последние годы во Вьетнаме произошло много крупных пожаров, вызвавших большие убытки и оказавших отрицательное влияние на рост производства и общественную безопасность. Активное строительство складских и производственных зданий сопровождается пожарами на этих объектах, что приводит к большому материальному ущербу. Анализ пожаров на производственных предприятиях позволяет выявить наиболее характерные причины и наметить пути по улучшению пожарной обстановки во Вьетнаме.

Вьетнам — страна, находящаяся в Юго-Восточной Азии, в которой проживает 80 млн чел. Управлением пожарной охраны Вьетнама за прошедшие 10 лет (1996–2005 гг.) зарегистрировано 13168 пожаров (не считая лесные), на которых 744 чел. погибли и 1642 чел. были ранены; общая сумма убытков составила ~1,4 млн долларов. Итак, в среднем ежегодно происходило 1317 пожаров, каждый из которых причинил материальный ущерб на сумму 11 тыс. долларов [1]. Общий материальный ущерб от пожаров за год можно оценить в среднем как 0,8% ВВП страны (табл. 1).

Наиболее пожароопасными объектами являются производственные и складские здания. Отраслевой анализ пожаров за период 1996–2005 гг. показывает, что основное их количество (57,97%) происходит в жилом секторе, 13,85% имеют место в производственной отрасли, 8,1% — в административном секторе, 5,9% — в торговле и 4,6% — на транспорте, 9,56% пожаров возникают по прочим причинам (рис. 1) [1, 2].

Согласно данным официальной статистики [2], хотя пожары, происходящие в производственных зданиях, составляют только 13,85% общего числа пожаров во Вьетнаме, ежегодно прямой материальный ущерб от них превышает 4,8 млн долларов, что составляет более 34,59% общего ущерба (табл. 2).

Среди причин значительного ущерба от пожаров самой актуальной является низкая надежность систем обнаружения и тушения пожаров. Проектирование и эксплуатация данных систем находятся на очень низком уровне, так как не проводится качественное обслуживание данных систем и не заклю-

чаются договора с организациями, имеющими лицензию на этот вид деятельности.

Анализ причин 100 крупных пожаров, произошедших в производственных зданиях Вьетнама за 1996–2005 гг. показывает, что основной причиной возникновения пожара послужило короткое замыкание, повлекшее за собой 40% общего количества пожаров. Второй важной причиной возникновения пожаров является нарушение правил пожарной безопасности, вызвавшее 14% общего числа пожаров [2]. Третьими выступают технические причины, составляющие 18% общего количества пожаров. По другим причинам возникло 28% пожаров.

Таблица 1. Динамика числа пожаров, гибели людей и ущерба от пожаров во Вьетнаме за 1996–2005 гг.

Год	Число пожаров	Ущерб от пожаров, долларов	Гибель от пожаров, чел.
1996	961	4 618 750	36
1997	935	6 125 000	45
1998	1184	11 875 625	33
1999	989	5 457 125	52
2000	1139	7 152 937	62
2001	1292	18 959 973	68
2002	1267	12 991 250	132
2003	1821	28 170 937	137
2004	1829	18 166 687	63
2005	1751	17 450 625	116
Итого	13168	130 968 909	744

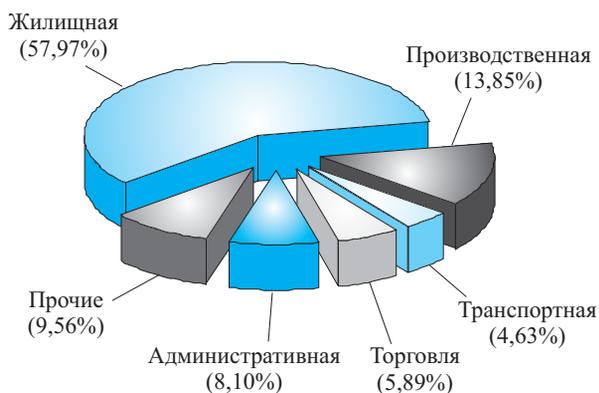


Рис. 1. Диаграмма распределения пожаров по отраслям во Вьетнаме за 1995–2006 гг.

Таблица 2. Динамика числа пожаров в производственных отраслях за 1996–2005 гг.

Год	Общее число пожаров		Пожары в производственных отраслях	
	количество	ущерб, долларов	количество (%)	ущерб, долларов (%)
1996	961	4 618 750	106 (11,03)	1 031 812 (22,34)
1997	935	6 125 000	136 (14,54)	1 822 187 (29,75)
1998	1184	11 875 625	173 (14,60)	3 164 812 (26,65)
1999	989	5 457 125	119 (12,02)	1 936 187 (35,48)
2000	1139	7 152 937	188 (16,51)	2 833 937 (39,62)
2001	1292	18 959 973	191 (14,78)	6 177 125 (32,58)
2002	1267	12 991 250	158 (12,52)	4 698 937 (36,17)
2003	1821	28 170 937	255 (14,00)	12 738 875 (45,22)
2004	1829	18 166 687	230 (12,60)	7 593 625 (41,79)
2005	1751	17 450 625	278 (15,88)	6 334 562 (36,30)
Итого	13 168	130 968 909	1834 (13,85)	48 332 059 (34,59)

Исследования показали, что только в 67% случаев производственные здания, в которых происходили пожары, были оборудованы системами внутреннего противопожарного водоснабжения (33% их не имели); автоматическими установками пожаротушения (АУПТ) были оборудованы 53% (47% не были); системой наружного противопожарного водоснабжения — 80% (20% их не имели). В 48% случаев расход воды из пожарного крана был недоста-

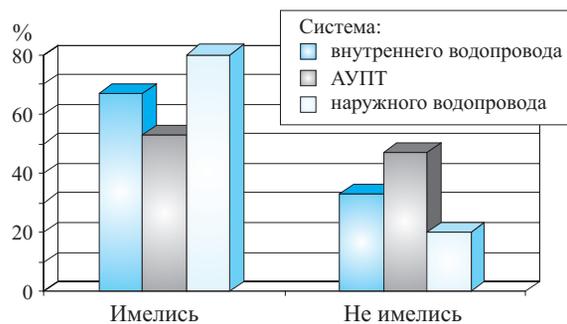


Рис. 2. Наличие систем противопожарного водоснабжения в производственных зданиях

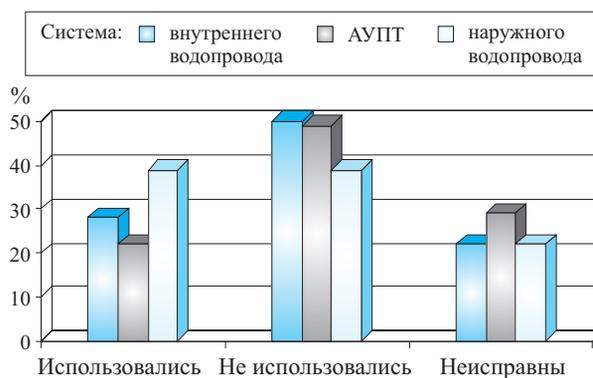


Рис. 3. Использование систем противопожарного водоснабжения при пожаре в производственных зданиях

точный и в 49% напор у пожарного крана был недостаточен для получения требуемого радиуса компактной части струи (рис. 2).

По результатам анализа крупных пожаров видно, что в 50% случаев на объектах не используют систему внутреннего противопожарного водопровода (28% применяют), в 22% данная система находилась в неисправном состоянии. В 49% случаев существующие на объектах системы АУПТ на момент пожара находились были неисправны. Системы наружного противопожарного водоснабжения при пожарах не использовались в 39% случаев, в 22% — находились в неисправном состоянии (рис. 3).

На основании данных об общем числе пожаров и сложившемся положении в производственных зданиях Вьетнама были сделаны следующие замечания:

- материальный ущерб от пожаров значительно вырос за последние годы;
- пожары в производственных зданиях составляют не самый высокий процент, но ущерб от них наибольший. Это объясняется тем, что на производственных предприятиях, заводах и фабриках обращается значительное количество горячей нагрузки (материальных ценностей) на

больших площадях. При пожаре огонь распространяется с высокой скоростью, что затрудняет проведение действий по тушению пожаров.

Анализ пожаров в производственных зданиях показал, что существующие системы внутреннего и наружного противопожарного водоснабжения не всегда в достаточном объеме могут обеспечить требуемые расходы и напоры воды для пожаротушения. Поэтому на данных объектах необходимо использовать подачу воды в перекачку и подвоз воды. Монтаж систем водоснабжения должны проводить организации, имеющие лицензию на данный вид деятельности. При монтаже необходимо использовать сертифицированное оборудование, тем самым увеличивая эффективность работы систем водоснабжения.

Обеспечение надежности системы противопожарного водоснабжения, как и других систем массового обслуживания, является одной из основных задач при их проектировании и эксплуатации.

Многофункциональная система водоснабжения с точки зрения выбора номенклатуры показателей и оценки надежности является сложной технической системой. Она представляет собой совокупность взаимосвязанных элементов, обеспечивающих выполнение заданных функций несколькими различными способами, отличающимися уровнями качества функционирования системы [3].

В результате отказов элементов системы ухудшается характеристика качества функционирования и соответственно снижается выходной эффект системы, поэтому задачи надежности сводятся к выявлению влияния отказов элементов на качество функционирования и выходной эффект системы водоснабжения [3].

Надежность водоснабжения характеризуется безотказностью, ремонтнопригодностью, долговечностью. Рассчитать надежность противопожарного водоснабжения — значит определить количественные показатели, характеризующие уровень качества бесперебойного водоснабжения объекта при пожаре [3].

Показатели надежности определяют сравнение показателей качества функционирования и выходного эффекта, которые отражают степень стабильности работы системы водоснабжения при выполнении возложенных на нее задач противопожарного водообеспечения. Для этого формулируют цель и задачи системы водоснабжения исходя из требований водообеспечения пожарной техники, причем каждая задача, возлагаемая на систему, имеет свой номер по степени важности ($i = 1, 2, \dots, m$, где m — общее число задач). Каждому элементу, входящему в систему водоснабжения, присваивается номер ($i = 1, 2, \dots, n$, где n — число элементов)

в зависимости от специфики конкретной схемы водоснабжения. Состояние каждого i -го элемента описывается функцией:

$$X_{i(t)} = 1, \text{ если } i\text{-й элемент работоспособен;}$$

$$X_{i(t)} = 0, \text{ если } i\text{-й элемент отказал.}$$

Потребность в выполнении j -й задачи описывается функцией:

$$Y_{j(t)} = 1, \text{ если есть потребность в выполнении } j\text{-й задачи;}$$

$$Y_{j(t)} = 0, \text{ если нет потребности в выполнении } j\text{-й задачи.}$$

Состояние системы водоснабжения описывается вектором

$$Z(t) = \begin{pmatrix} X_{1(t)} \\ \dots \\ X_{n(t)} \\ \dots \\ Y_{1(t)} \\ \dots \\ T_{m(t)} \end{pmatrix}.$$

Изменение во времени вектора $Z(t)$ является математической моделью функционирования системы водоснабжения, которая состоит из m элементов и выполняет n поставленных перед ней задач водообеспечения [4].

Для оценки надежности сложных систем водоснабжения с известными расчетными параметрами используют вероятностные характеристики оценки уровня качества водообеспечения [4].

Надежность систем противопожарного водоснабжения в производственных зданиях достигается структурным резервированием отдельных ее элементов, т.е. параллельным включением нескольких взаимозаменяемых элементов или путем “временного” резервирования [4]. Большинство точек отбора воды для пожаротушения соединено с точками питания сети многими возможными путями, поэтому аварии отдельных участков сети существенно не нарушают процесса водообеспечения.

Вторым способом повышения надежности систем противопожарного водоснабжения является использование резервных и аккумулирующих емкостей для хранения запасов воды в период ремонта отказавших элементов. Наиболее распространенный метод временного резервирования — устройство запасного резервуара в конечной точке водовода. Вместимость резервуаров в этом случае должна быть достаточной для: пожаротушения производственного здания в полном объеме, водоснабжения здания на производственные нужды по аварийному графику работы предприятия на время ликвидации аварии в зависимости от категории водопровода, территории предприятия в соответствии с разрабо-

тантными схемами водоснабжения. В таких случаях при резервуарах для указанных целей устраивают насосную станцию пожаротушения [5].

Системы противопожарного водоснабжения играют важную роль в решении задач противопожарной защиты объектов.

Опыт проектирования и эксплуатации пожарного водоснабжения в сооружениях и зданиях во Вьетнаме показал, что данные системы не всегда

обеспечивают бесперебойную подачу достаточного количества воды для пожаротушения, о чем свидетельствуют исследования надежности всех ее элементов и их работоспособности.

Противопожарное водоснабжение производственных зданий Вьетнама, оценка качества работы систем противопожарного водоснабжения и разработка методов по повышению их надежности остаются актуальными задачами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет по работе пожарной охраны Вьетнама за период 1995–2004 гг. — Ханой: УПО МОБ СРВ, 2004.
2. Отчет по работе пожарной охраны Вьетнама в 2005 г. — Ханой: УПО МОБ СРВ, 2005.
3. **Абрамов, Н. Н.** Надежность систем водоснабжения / *Н. Н. Абрамов*. — М.: Стройиздат, 1984. — С. 12–26.
4. **Иванов, Е. Н.** Противопожарное водоснабжение / *Е. Н. Иванов*. — М.: Стройиздат, 1986. — С. 180–188.
5. **Ильин, Ю. А.** Надежность водопроводных сооружений и оборудования / *Ю. А. Ильин*. — М.: Стройиздат, 1985. — С. 230–232.

Поступила в редакцию 24.10.07.



Канд. техн. наук, начальник научно-исследовательской лаборатории "Пожарная безопасность" Тольяттинского военного технического института
Н. Н. Старков



Директор по коммерции и новым технологиям НПО "Спецтехнология" (г. Тольятти)
А. П. Радченко



Преподаватель кафедры "Пожарно-профилактических дисциплин" Тольяттинского военного технического института
Д. А. Жуйков

УДК 614.841.4

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЛИФТОВЫХ УСТАНОВОК

Приведен анализ пожаров в лифтах и лифтовых шахтах. Рассмотрены некоторые проблемы нормативно-правовой базы в области обеспечения пожарной безопасности лифтовых установок. Представлены технические решения, направленные на повышение противопожарной защиты лифтовых установок.

Многоэтажное и высотное строительство, набирающее темпы во всем мире и в нашей стране в частности, обязано изобретению американского инженера Элайша Отиса, запатентовавшего в 1852 г. безопасный для пользователей лифт. В настоящее время данный термин трактуется как стационарная грузоподъемная машина периодического действия, предназначенная для подъема и спуска людей и (или) грузов в кабине, движущейся по жестким прямолинейным направляющим, у которых угол наклона к вертикали составляет не более 15°.

Количество многоэтажных зданий в крупных городах порой превышает сотни. Несмотря на широкое применение лифтовых установок, единые документы с противопожарными требованиями к лифтам и лифтовым установкам, как показывает мировая практика, отсутствуют. Работы над созданием единого мнения и формированием общей нормативной базы по вопросу пожарной безопасности лифтовых установок в рамках систем ISO и CEN до сегодняшнего дня не завершены.

Ни мировая, ни отечественная практика как правило не рассматривает возможность возникновения пожаров в шахте лифта. Тем не менее статистика показывает, что это неверное решение. Пожары в лифтовых установках происходят и, более того, приводят к гибели людей. Для подтверждения этих слов нагляднее всего привести данные о произошедших пожарах (таблица).

По официальным сведениям РОГПН на территории Южного Административного округа г. Москвы за 8 месяцев 2007 г. произошло 40 пожаров, из них 2 случая — пожары в лифтах, что составляет 5% от общего числа пожаров.

И это далеко не полный список, в котором необходимо упомянуть о пожарах, возникших в результате столкновения самолетов со зданиями Всемирного торгового центра 11.09.2001 г. в г. Нью-Йорке. В результате пожаров лифты были выведены из строя. Не случись этого, до момента обрушения зданий можно было спасти около 3000 человек.

Согласно п.6.24* СНИП [1]: "эвакуационные пути... не должны включать лифты и эскалаторы, а также участки, ведущие... через коридоры с выходами из лифтовых шахт, через лифтовые холлы и тамбуры перед лифтами, если ограждающие конструкции шахт лифтов, включая двери шахт лифтов, не отвечают требованиям, предъявляемым к противопожарным преградам..."

Тем не менее, пожар на Останкинской телебашне, трагедия в г. Нью-Йорке и ряд других крупных пожаров, происшедших в высотных зданиях, заставляют задуматься об использовании лифтов для эвакуации людей в случае пожара.

В работах [2–5] внимание уделено использованию лифтов для эвакуации людей из высотных зданий. В результате проведенного анализа исследователи пришли к выводу и приводят весьма убедительные и обоснованные аргументы в пользу использования лифтовых установок для эвакуации людей из высотных зданий.

Во-первых, в настоящее время лестничные клетки [1] являются основными путями эвакуации людей при пожаре с верхних этажей многоэтажных зданий. Но даже при обеспечении всех предъявляемых требований лестничные клетки, как правило, не выполняют своей функции на 100%. Кроме того,

анализ предписаний органов ГПС МЧС, составленных по результатам проверок многоэтажных зданий с массовым пребыванием людей, показывает, что лестница зачастую не может быть использована по своему прямому назначению вследствие халатной эксплуатации объекта.

Во-вторых, остро поставлен вопрос использования лифтов для транспортирования пожарных подразделений, в том числе для эвакуации людей при пожаре. Этот вопрос был поднят в нашей стра-

не в 1969 г. В СН 400, разработанных тогда, речь шла о транспортировании противопожарных подразделений и оборудования в зданиях этажностью более 12 этажей. Техническая реализация на тот момент была невозможна по нескольким причинам: задымление шахт и кабин лифтов; прекращение подачи электроснабжения при пожаре; блокировка лифта в районе этажа, где произошел пожар; деформация лифтовых дверей на этаже пожара. Эти и ряд других причин, которые препятствовали внедре-

Пожары в лифтовых установках

Дата	Адрес	Происшествие
27.09.2000 г.	г. Москва	Пожар на Останкинской телебашне. Во время пожара в одной из лифтовых шахт в результате неравномерного термического воздействия произошло обгорание, а также разрушение около 20% предварительно напряженных стальных канатов. Из-за пережигания несущих тросов и несрабатывания специального тормозного устройства конструкции лифтов рухнули в лифтовые шахты на отметку –7 м. Погибли 3 человека
25.01.2001 г.	г. Москва, ул. Гурьянова	Пожар в шахте лифта 22-этажного дома. Очаг пожара находился в шахте лифта на уровне 15-го этажа
17.08.2001 г.	г. Владивосток, ул. Снеговая	Пожар в шахте лифта многоэтажного дома
24.05.2002 г.	г. Москва, пр-т Ба-лаклавский, д. 1	Пожар в шахте лифта многоэтажного дома
16.07.2002 г.	г. Псков, ул. Лепешинского	Пожар в лифте 9-этажного дома между 6-м и 7-м этажами
28.08.2003 г.	г. Нижнекамск	Пожар в лифте 9-этажного жилого дома. В результате пожара сгорела кабина лифта и оплавилась дверь шахты на 7-м и 8-м этажах, погибли две женщины
01.10.2003 г.	г. Тюмень, ул. Холодильная	Пожар в шахте лифта многоэтажного общежития. Повреждены двери в шахту на 2-м, 3-м, 7-м, 8-м и 9-м этажах
24.04.2004 г.	г. Архангельск, пр-т Труда, д. 49	Пожар в шахте лифта многоэтажного дома. В результате полностью выгорела кабина лифта, сгорели силовые кабели, закопчены шахта и лестничная клетка
11.05.2006 г.	г. Москва, ул. Шилкинская	Пожар в шахте лифта многоэтажного дома. Горел лифт и лифтовое оборудование на 1-м этаже здания
31.08.2006 г.	г. Астана, мкр. Аль-Фараби	Пожар в шахте и кабине лифта 9-этажного жилого дома
06.09.2006 г.	г. Рубцовск, ул. Тихвинская	Пожар в шахте лифта 9-этажного панельного дома. Повреждены кабина лифта, кабель на нескольких этажах
15.03.2007 г.	г. Владивосток, ул. Надибидзе	Пожар в лифтовой шахте на уровне 5-го этажа жилого 9-этажного дома. Пострадало 3 человека
27.03.2007 г.	г. Омск, ул. Кучерявенко	Пожар в лифтовой кабине на 1-м этаже 9-этажного кирпичного дома. На момент прибытия пожарных горела кабина лифта и двери на 1-м и 2-м этажах. Огнем повреждена кабина лифта, двери на 1-м и 2-м этажах
21.05.2007 г.	г. Якутск, ул. Лермонтова	Пожар в лифтовой шахте 9-этажного жилого дома
15.04.2007 г.	г. Красный Лиман, пер. Бригадный	Пожар в лифтовой шахте 9-этажного жилого дома
23.06.2007 г.	г. Ярославль, ул. Гоголя, д. 13, корп. 2	Пожар в шахте лифта многоэтажного дома
07.10.2007 г.	г. Днепропетровск	Пожар в шахте лифта Днепропетровской областной налоговой администрации. В результате пожара выгорели три этажа

нию указанного требования, в настоящее время устранены.

В нашей стране в нормативной литературе вопрос использования лифтов при пожаре получил дальнейшее развитие только в 1996 г. с разработкой НПБ 250 “Лифты для транспортирования пожарных подразделений в зданиях и сооружениях. Общие технические требования” [6]. Этот документ регламентирует перемещение пожарных подразделений в условиях пожара.

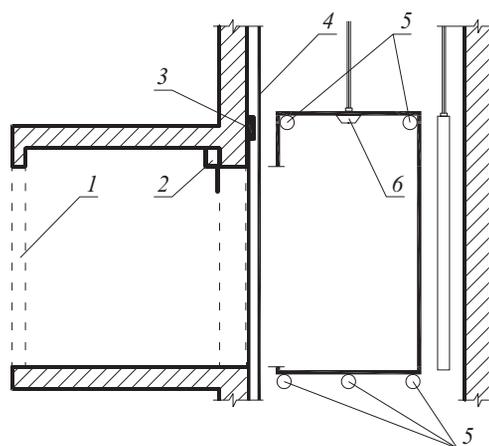
В СНиП 35-01-2001 “Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения” впервые в российской нормативной практике принято решение использовать лифты для эвакуации и спасения людей. Эти требования расширены в МГСН 4.19-2005 “Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве” [7]. Но последний документ не регламентирует обязательного использования лифтов в качестве средства эвакуации при пожаре. Тем не менее в МГСН [7] установлены жесткие требования к конструктивным и инженерным решениям лифтовых установок в области обеспечения пожарной безопасности. Кроме того, требования МГСН не могут распространяться на всей территории Российской Федерации, поскольку этот документ действует только в г. Москве.

Таким образом, в условиях развития высотного строительства по всей стране необходимо выработать единую нормативную систему подхода к нормированию инженерных решений лифтовых установок, разработать единые требования к условиям эксплуатации лифтов при пожаре в многоэтажном здании для эвакуации людей.

Кроме того, в качестве технического обеспечения пожарной безопасности лифтовых установок предлагается реализация перечисленных ниже мероприятий, схематично они представлены на рисунке.

Как показывает статистика, обнаружение пожара в шахте лифта, особенно в его кабине, происходит с запозданием, поэтому для своевременного выявления возгорания в кабине лифта необходима установка в ней дымовых пожарных извещателей 6. Поскольку кабина является подвижным элементом, возможно использование радиоволновых извещателей, которые передают сигнал на контрольный прибор посредством радиосигналов. В случае, если кабина запитана от слаботочного кабеля, возможно применение слаботочных проводных извещателей.

Кроме того, для обеспечения тепло- и газонепроницаемости шахты лифта на этаже, где произошел пожар, предлагается использование автоматической заслонки 2, которая будет блокировать



Принципиальная схема обеспечения пожарной безопасности лифтовой установки: 1 — дверь лифтового холла; 2 — автоматическая заслонка; 3 — газоанализатор; 4 — тепловой линейный извещатель; 5 — локальная пожаротушительная установка; 6 — радиоволновой дымовой извещатель

доступ к лифту на этом этаже, обеспечивая дополнительную герметичность шахты, повышая при этом показатели REI.

Использование лифта для эвакуации людей с верхних этажей здания во время пожара, при условии соблюдения герметичности шахты лифта, допустимо до того момента, пока в лифтовой шахте не произойдет увеличение концентрации продуктов сгорания до значения, близкого к ПДК, или температурного воздействия на кабину лифта и конструкции лифтовой установки. Иными словами, необходимо точно определить момент времени, в который эксплуатация лифта перестанет быть безопасной. Для определения такого момента предлагается использование линейных тепловых извещателей (термокабеля) и газоанализаторов.

Линейные тепловые извещатели 4 размещаются по всей длине лифтовой шахты и позволяют установить точное место (этаж, зону), где температурный режим превысит безопасные условия эксплуатации лифтовой кабины и конструкций лифтовой установки. При тепловом воздействии на термокабель на индикаторную панель поступает сигнал с указанием точки, где произошло повышение температурного поля выше нормативного значения.

Датчики газоанализатора 3 располагаются в шахте лифта по этажам и выдают на контрольный прибор значение концентрации оксида углерода (угарного газа). При повышении концентрации до значения ПДК выдается сигнал о запрещении эксплуатации лифта.

Кроме того, для предотвращения пожара в пустой кабине лифта, а также в его шахте предлагает-

ся применение автономных устройств пожаротушения 5.

В качестве огнетушащего вещества, используемого в установках, предлагается огнетушащая жидкость *BONPET* (выпускается по стандарту № 1695444 предприятия “*BONPET Systems d.o.o.*”, 1420, Trbovlje, Obrtniska 30, Slovenija) [8].

Огнетушащая жидкость *BONPET* и газы, образующиеся при срабатывании устройства, не являются опасными для человека и окружающей среды (сертификат Института *Sichereitstechnische Paufstelle*, г. Вена, заключение Государственной санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации № 77.01.03.245.П.07853.03.5 от 29.03.2005 г.).

Автономное устройство пожаротушения представляет собой герметичную стеклянную ампулу, выполненную из травмобезопасного стекла и заполненную специальной жидкостью *BONPET*. Ампулы устанавливаются горизонтально с помощью

кронштейнов в верхней части кабины лифта и в нижней части за объемом кабины. При пожаре по мере возрастания температуры в ампуле с жидкостью *BONPET* начинается реакция, в результате чего в ней возрастает давление. Когда температура жидкости достигает 90°C, ампула разрушается и распыляет содержимое над очагом пожара. При этом часть жидкости переходит в газообразную фазу. Огнетушащая жидкость воздействует на зону горения комбинированным способом — создается охлаждающий эффект и вытесняется кислород из очага пожара. На потушенной поверхности образуется тонкий слой жидкости (в виде пленки), который препятствует повторному возгоранию.

Реализация всех перечисленных мероприятий позволит превратить лифт из источника повышенной опасности в возможное средство безопасного спасения в критической ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 21-01-97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
2. **Холщевников, В. В.** Безопасность людей в высотных зданиях: чем она обеспечена? / В. В. Холщевников // Строительство. — 2005. — № 1–3.
3. **Холщевников, В. В.** К вопросу безопасности использования лифтов при эвакуации из высотных зданий / В. В. Холщевников, Д. А. Самошин // Пожаровзрывобезопасность. — 2006. — Т. 15, № 5. — С. 45–47.
4. **Фирсова, Т.** Противопожарная защита высоток / Т. Фирсова // Строительство. — 2005. — № 1–2. — С. 71–72.
5. **Ройтбурт, С. М.** Обеспечение пожарной безопасности лифтовых установок в жилых и общественных зданиях / С. М. Ройтбурт // Строительный инжиниринг. — 2007. — № 3–4.
6. НПБ 250–97. Лифты для транспортирования пожарных подразделений в зданиях и сооружениях. Общие технические требования.
7. МГСН 4.19–2005. Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий комплексов в городе Москве.
8. **Фомин, В. И.** Рекомендации по применению и эксплуатации устройства пожаротушения “*BONPET*” / В. И. Фомин. — М.: УГПН МЧС России, 2006. — 15 с.

Поступила в редакцию 24.10.07.



Канд. техн. наук,
докторант, доцент
Академии ГПС МЧС РФ
С. А. Швырков



Канд. техн. наук, доцент, профессор кафедр
“Пожарной безопасности технологиче-
ских процессов” Академии ГПС МЧС РФ
С. А. Горячев



Начальник факультета “Научно-
педагогических кадров”
Академии ГПС МЧС РФ
В. П. Сорокоумов

Адъюнкт
Академии ГПС МЧС РФ
С. В. Батманов

Адъюнкт
Академии ГПС МЧС РФ
В. В. Воробьев

УДК 614.841.413:665.521.2

СТАТИСТИКА КВАЗИМГНОВЕННЫХ РАЗРУШЕНИЙ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Представлены анализ и интерпретация результатов наблюдений квазимгновенных разрушений вертикальных стальных резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов, являющихся выборкой из генерального статистического массива произошедших аварий в резервуарных парках объектов топливно-энергетического комплекса за период с 1950 по 2006 гг.

Отличительными признаками квазимгновенно разрушения вертикальных стальных резервуаров (РВС) являются полная потеря целостности корпуса и выход в течение короткого промежутка времени на прилегающую территорию всей хранящейся в резервуаре жидкости в виде волны прорыва [1].

Анализ результатов наблюдений квазимгновенных разрушений РВС и их последствий произведен по материалам зарегистрированных и описанных случаев аварий, которые произошли в резервуарных парках топливно-энергетического комплекса (ТЭК) в СССР, а после его распада — в России и странах СНГ с 1950 по 2006 гг. При создании банка данных использовались различные источники информации: статистические листки, статьи, монографии, ведомственные информационные письма, журналы учета пожаров и аварий, заключения экспертных комиссий по расследованию чрезвычайных ситуаций, а также личные записи специалистов, занимающихся данной проблемой [2–4].

Согласно полученным данным, в течение исследуемого периода зарегистрировано более 140 случаев квазимгновенных разрушений РВС, распределение которых по годам представлено на рис. 1. В то же время настоящий банк данных не может быть признан полным как по учету количества разрушений РВС, так и по полноте исходной информации. Это обстоятельство обусловлено, в частности, нежеланием компаний и организаций придавать широкой огласке аварийные ситуации, которые не сопровождались крупными пожарами, не приводи-

ли к травмам и гибели людей, а также следствием которых не было причинение значительного ущерба природной среде или третьим лицам. К числу закрытой информации относятся также инциденты на объектах оборонного ведомства.

Основными предпосылками возникновения квазимгновенных разрушений РВС являются: высокий процент износа эксплуатируемых в настоящее время РВС (до 80% [5]), неравномерные просадки оснований, сложный характер нагружения конструкции, отсутствие контроля сплошности сварных соединений в зоне уторного шва, отступления от проектов, нарушения режимов эксплуатации и др.

Механизм разрушений РВС достаточно сложный и не является предметом рассмотрения в насто-

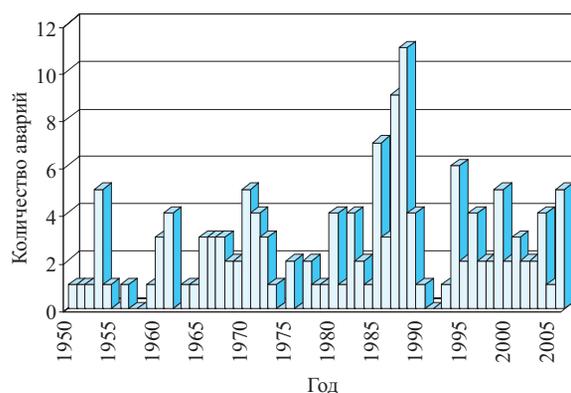


Рис. 1. Распределение квазимгновенных разрушений РВС по годам

ящей работе. В то же время необходимо отметить, что согласно материалам экспертиз аварий раскрытие РВС происходило, в основном, вследствие разрушения наиболее нагруженного конструктивного элемента — узла сопряжения стенки с дном резервуара. При этом стенка РВС разрушалась на всю высоту и за счет больших радиальных усилий, связанных с давлением жидкости при ее истечении из РВС, отрывалась от дна, а ее края разворачивались на $120\text{--}180^\circ$. Стенка резервуара с силой отбрасывалась с фундамента в сторону, противоположную направлению истечения жидкости, а крыша РВС обрушивалась на дно.

Одна из первых аварий с катастрофическими последствиями, унесшая жизни 41 человека, произошла в 1960 г. на Каменской нефтебазе в Ростовской области. Вследствие переполнения бензином РВС-700 конструкции ДИСИ произошло его полное разрушение по вертикальному сварному шву. Образовавшаяся горящая волна прорыва вышла за пределы территории нефтебазы и растеклась на площади более 10000 м^2 (рис. 2 и 3).

Огонь охватил все строения и часть резервуарного парка склада нефтепродуктов и по горящему бензину, стекающему под уклон в сторону р. Северный Донец, распространился на жилые дома, расположенные на расстоянии $60\text{--}80\text{ м}$ от нефтебазы. Даже река не стала естественной преградой на пути огненного потока. Горящий на водной поверхности бензин достиг противоположного берега и поджег пристань и лодки.

Каждый третий случай квазимгновенного разрушения резервуара сопровождался так называемым эффектом “домино”. Одна из первых таких аварий, в результате которой погибли 24 человека, отмечена в 1953 г. на нефтеперерабатывающем заводе в Башкирии при разрушении РВС-4600 с сырой нефтью.

Аналогичный пожар возник в 1983 г. на нефтебазе в г. Дудинка Красноярского края. Первичная авария и взрыв произошли в районе насосной станции. От воздействия взрывной ударной волны разрушился РВС-5000, в котором находилось 5 тыс. т газового конденсата. Стенка резервуара оказалась оторванной наполовину от дна и в развернутом состоянии сместилась на гребень обвалования в сторону товарного парка. Крыша РВС была полностью оторвана от корпуса и смещена на 23 м от дна на обвалование в сторону здания насосной. Образовавшийся поток горячей жидкости перехлестнул через обвалование, размыв на глубину $0,3\text{--}0,4\text{ м}$ его гребень. Дальнейший разлив жидкости продолжался с учетом уклона рельефа местности в сторону товарных резервуаров, насосной станции, здания манифольдной и далее по всей территории объ-



Рис. 2. Пожар на нефтебазе после квазимгновенного разрушения РВС-700



Рис. 3. Нефтебаза после тушения пожара

екта с выходом за его пределы, что привело к крупному пожару с эффектом “домино” и гибели 2 человека. Общая площадь пожара разлива составила около 30000 м^2 . Пожар продолжался 28 ч, в его ликвидации участвовали более 200 человек.

Из общего количества зарегистрированных разрушений РВС $46,4\%$ аварий сопровождались крупными пожарами с травмами людей, из них непосредственно на пожарах от действия высоких температур разрушилось $6,4\%$ резервуаров.

Остальные разрушения РВС не сопровождались пожарами и квалифицировались как категорические аварии, из которых $14,3\%$ разрушений произошло при проведении гидравлических испытаний резервуаров.

Наиболее часто разрушались (в $41,4\%$ случаев) резервуары типа РВС-5000, что обусловлено, по мнению авторов, их наибольшей распространенностью на производственных объектах по сравнению с другими номинальными объемами резервуаров. В последнее время отмечено несколько разрушений крупногабаритных резервуаров, в основном на объектах энергетики. Так, начиная с 1980 г. зарегистрировано 10 случаев разрушений резервуаров



Рис. 4. Состояние железобетонного наружного ограждения после аварии



Рис. 5. Распределение разрушившихся PBC по ведомственной принадлежности

PBC-10000, 8 случаев — PBC-20000 и 3 случая — PBC-30000.

Отличительной особенностью квазимгновенного разрушения крупногабаритного резервуара (номинальной емкостью более 10000 м³) является не только уничтожение земляного обвалования или железобетонной ограждающей стены, но и отмеченное в каждом втором случае полное разрушение или сильная деформация соседних резервуаров, повреждения зданий, сооружений и технологических установок, что приводило к значительному экономическому ущербу. При этом поток жидкости практически всегда выходил далеко за территорию предприятий, создавая угрозу соседним объектам и приводя к загрязнению окружающей природной среды. По статистике общий материальный ущерб от таких аварий резервуаров превышает в 500 и более раз первичные затраты на их сооружение [6].

Характерен случай аварийного разрушения PBC-20000 при проведении гидроиспытания в 1985 г. на Невинномысской ГРЭС Ставропольского края. Резервуарный парк мазутного хозяйства ГРЭС состоял из трех резервуаров PBC-20000, размещенных в одном ограждении площадью 13460 м².

Внешнее защитное ограждение было выполнено из железобетонных плит, закрепленных с помощью сварки на опорных колоннах, заглубленных в грунт на 1,5 м, и располагалось на расстоянии 12 м от PBC. Внутренние стены между резервуарами были изготовлены из бетонных блоков.

При разрушении PBC № 2 образовавшийся поток воды развернул стенки резервуара, оторвав их от днища и кровли, и отбросил в сторону PBC № 3 и внешнего ограждения. При этом конструкциями разрушившегося резервуара был поврежден и сдвинут с фундамента на 1 м PBC № 3, стенка которого была оторвана от днища на длине 11,3 м и сильно деформирована до уровня шестого пояса с глубиной вмятины 1,12 м во втором поясе. Непосредственно волной прорыва и движущимися конструкциями резервуаров полностью разрушены внутренние стены резервуарного парка и на 70% — наружное ограждение (рис. 4).

Полностью уничтожена эстакада технологических трубопроводов на протяжении более 130 м. Элементы ограждающих стен (плиты, колонны) отброшены на расстояние до 40 м в сторону промышленной площадки.

Поток воды с железобетонными элементами разрушенного ограждения сильно повредил соседний PBC № 1. Стенка оторвалась от днища на длине более 80 м, а глубина вмятины на уровне четвертого пояса (6 м) достигала 2,5 м. Находившийся в резервуаре мазут (2,5 т) разлился по воде на площади до 90000 м², замазутил р. Барсучки и частично попал в р. Кубань, что привело к большому экологическому и материальному ущербу.

Ниже приведены результаты анализа статистических данных по квазимгновенным разрушениям резервуаров. Разбиение общей совокупности производилось по таким существенным количественным и атрибутивным признакам, как ведомственная принадлежность объекта, номинальная емкость резервуара, вид продукта в аварийном резервуаре (рис. 5–7).

К сожалению из-за отсутствия документированных данных не представилось возможным рассмотреть такие варьирующие признаки, как способ проектирования и монтажа резервуара, его конструктивные особенности, режим и продолжительность эксплуатации и ряд других.

Примерно половина всех аварий, связанных с разрушением резервуаров, квалифицировались как крупные или катастрофические, 17 из них привели к гибели 98 человек.

Наиболее часто (в 47,8% рассмотренных случаев) квазимгновенные разрушения резервуаров происходили при низких температурах окружающего воздуха и сильном ветре, что характерно, в основ-

ном, для объектов, находящихся в районах Крайнего Севера, Западной Сибири и Урала.

В некоторых случаях отмечено разрушение даже частично заполненных РВС, которое происходило при взрыве паровоздушной смеси внутри РВС, в результате чего стенка отрывалась от днища на участке, достигающем 3/4 длины его окружности. Иногда такие разрушения РВС сопровождались полным отрывом корпуса от днища и его опрокидыванием на бок или “полетом” на расстояние до 100 м в сторону от основания.

Характер взаимодействия волны прорыва, образующейся при разрушении РВС, с защитной стеной, выполненной из бетона, кирпичной или каменной кладки, а также с земляным обвалованием таков, что в 45,0% случаев аварий поток разрушал стену или размывал обвалование, выходя за пределы территории объекта, что приводило к катастрофическим последствиям с большим материальным ущербом (в 6 случаях отмечено нанесение значительного вреда водным объектам). В 38,6% случаев разрушений РВС поток продукта только промывал земляные дамбы или перехлестывал через них, не разливаясь за пределы территории производственного объекта.

Как правило, такие гидродинамические аварии происходили при разрушении резервуаров небольших объемов (до 2000 м³) или при частичном (до 2/3 высоты) заполнении РВС больших объемов. Остальные 16,4% случаев приходятся на разлив продукта в каре защитного обвалования, при небольшом уровне заполнения (менее 1/5 высоты) РВС, разрушившихся, как правило, при взрыве паровоздушной смеси вследствие появления таких источников зажигания, как самовозгорание пирофорных отложений, разряды статического электричества при отборе проб или замере уровня, фрикционные искры при проведении ремонтных работ и нарушении правил пожарной безопасности.

От воздействия волны прорыва и движущихся конструкций РВС было полностью разрушено 38 и повреждено 63 соседних резервуара различной вместимости. В 22,9% случаев аварий РВС наблюдались сильные повреждения зданий, сооружений, технологических трубопроводов как на территории производственных объектов, так и за их пределами. Наиболее серьезные последствия отмечены при авариях на нефтебазах, расположенных непосредственно в черте плотной застройки населенных пунктов.

От воздействия пламени и тепла пожара разлива нефти или нефтепродукта полностью разрушилось 17 резервуаров и еще 31 РВС был сильно деформирован. В 14,3% случаев аварий возникали чрезвычайные ситуации, при которых производилась эва-

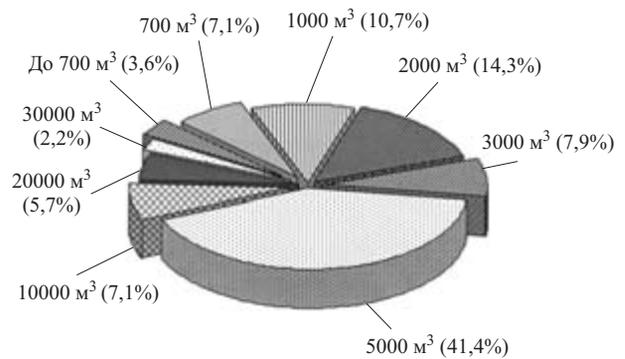


Рис. 6. Распределение разрушившихся РВС по номинальной емкости

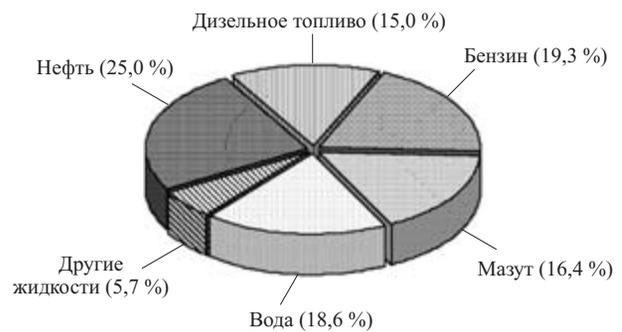


Рис. 7. Распределение разрушившихся РВС по видам находившихся в них продуктов

куация населения с привлечением значительного количества личного состава, пожарной и другой техники.

Статистика разрушений РВС свидетельствует, что несмотря на определенный прогресс, достигнутый в последние годы в резервуаростроении, гидродинамические аварии в резервуарных парках продолжают иметь место. В связи с этим есть основания считать, что вопросы обеспечения конструктивной надежности резервуаров остаются нерешенными. Кроме того, нормативные защитные сооружения не способны удержать продукт в пределах защищаемой территории при квазимгновенном разрушении РВС. Поэтому при наличии крупных резервуаров и терминалов, расположенных в населенных пунктах, морских и речных портах, около объектов федерального значения, возникает острая необходимость в разработке мер защиты этих территорий от разлива продуктов в случае разрушения РВС.

Таким образом, проведенный анализ квазимгновенных разрушений вертикальных стальных резервуаров показал:

- проблема обеспечения пожарной, промышленной и экологической безопасности при эксплуатации резервуарных парков остается нерешен-

- ной и подтверждает необходимость рассматривать волну прорыва, образующуюся при квазимгновенном разрушении РВС, в качестве опасного фактора аварийной ситуации при оценке пожарных рисков на промышленном объекте;
- расчет защитного сооружения от разлива нефти и нефтепродуктов должен производиться с учетом гидродинамической нагрузки от потока жидкости с целью минимизации возможных трагических последствий;
 - конструкция защитной преграды должна обеспечивать удержание волны прорыва в пределах защищаемой территории;
 - в случае невозможности обустройства специальной защитной преграды, рассчитанной на удержание волны прорыва, за нормативным обвалованием на наиболее опасных направлениях необходимо устраивать дополнительные защитные преграды, служащие для удержания волны, сбора разлившегося продукта и отвода его в аварийную емкость.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Швырков, А. Н.** Волна прорыва на нефтебазе плюс эффект “Домино”. Техногенные катастрофы при разрушении резервуаров и защита от них / *А. Н. Швырков, С. А. Швырков, С. А. Горячев* // Охрана труда и социальное страхование. — 1997. — Вып. 11. — С. 42–45.
2. **Розенштейн, И. М.** Аварии и надежность стальных резервуаров / *И. М. Розенштейн*. — М.: Недра, 1995. — С. 44–172.
3. **Швырков, С. А.** Анализ статистических данных разрушений резервуаров / *С. А. Швырков, В. Л. Семиков, А. Н. Швырков* // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. — 1996. — Вып. 5. — С. 39–50.
4. **Галеев, В. Б.** Аварии резервуаров и способы их предупреждения: Научно-техническое издание / *В. Б. Галеев, Д. Ю. Гарин, О. А. Закиров* [и др.]; под ред. *В. Б. Галеева и Р. Г. Шарифиева*. — Уфа: ГУП “Уфимский полиграфкомбинат”, 2004. — С. 5–18.
5. **Кондаков, Г. П.** Проблемы отечественного резервуаростроения и возможные пути их решения / *Г. П. Кондаков* // Промышленное и гражданское строительство. — 1998. — № 5. — С. 24–26.
6. **Кондрашова, О. Г.** Причинно-следственный анализ аварий вертикальных стальных резервуаров / *О. Г. Кондрашова, М. Н. Назарова* // Нефтегазовое дело. — 2004.

Поступила в редакцию 06.11.07.



Канд. техн. наук, доцент, начальник кафедры “Пожарной тактики и службы” Академии ГПС МЧС РФ
А. В. Подгрушный



Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры “Пожарной тактики и службы” Академии ГПС МЧС РФ
А. Н. Денисов



Заместитель начальника кафедры Института противопожарного института Вьетнама, адъюнкт кафедры “Пожарной тактики и службы” Академии ГПС МЧС РФ
Ч. Д. Хонг

УДК 614.841.412

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ЗДАНИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ И ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ

Рассмотрены проблемы, возникающие при тушении пожаров в зданиях повышенной этажности и высотных зданиях. Приведены основные факторы, влияющие на тактику ведения боевых действий пожарных подразделений при ликвидации этих пожаров в зависимости от планировки этажей зданий, времени боевого развертывания и свободного развития пожара, способов подачи воды на высоты, теоретических и фактических расходов воды на тушение, проведение спасательных работ. Рассмотрены проблемы готовности пожарных подразделений (на примере Московского гарнизона пожарной охраны) к тушению указанных пожаров.

Москва сегодня находится на той стадии развития, когда неизбежно встает вопрос высотного строительства, решающего массу проблем: социальных, экономических, получения дополнительных площадей и т.д.

В связи с этим на заседании Общественного градостроительного совета мэра столицы одобрил концепцию размещения в городе новых высотных зданий с последующим принятием соответствующего проекта. Главной целью проекта, который получил название “Новое кольцо Москвы”, является обеспечение дальнейшего социально-экономического и градостроительного развития города в соответствии с утвержденными “Основными направлениями градостроительного развития Москвы на период до 2010 года”. Одновременно Программа нацелена на решение одной из острейших социальных городских проблем, связанной со сносом ветхого пятиэтажного жилого фонда и строительством нового жилья на освобождаемой территории.

Весь проект предполагает строительство 60 многофункциональных комплексов, включающих в себя порядка 200 высотных зданий 40–50 этажей. Новые высотки могут быть не только жилыми домами, но и офисными зданиями, гостиницами, объектами другого назначения. Будут построены не просто высотные сооружения, а своеобразные маленькие города. Они будут включать в себя жилые

помещения, аквапарки, спортивные комплексы, кинотеатры, бары, рестораны, магазины. Это будет комплекс муниципального характера, работающий на весь микрорайон, в котором он расположен. Жители близлежащих домов тоже смогут пользоваться услугами комплексов, причем на самом высшем уровне.

Программа строительства рассчитана на 15 лет и потребует инвестиций в размере 5 млрд долларов.

К большому сожалению уже возведенные в Москве высотные комплексы не обеспечивают безопасность жителей. В столице ежегодно происходит до 15 тыс. пожаров. За 5 месяцев 2004 г. в них погибли 254 москвича, в том числе 8 детей.

Уйти от проблемы уже нельзя — процесс роста Москвы начался, но решение найти необходимо.

Сейчас 30 институтов занимаются разработкой новых норм для высотных сооружений: конструктивных, градостроительных, противопожарных, санитарных. Однако никто не работает над вопросами организации и тактики тушения пожаров в таких зданиях оперативными подразделениями на передвижной пожарной технике.

Сделать полностью безопасными и устойчивыми к любому воздействию все дома невозможно — это требует очень больших денег и принципиально новых подходов к противопожарной защите зданий. Поэтому во всем мире думают о проблеме спа-

сения людей в высотных зданиях. Существует несколько способов — это строительство вертолетных площадок на крышах, “рукава”, по которым можно в случае опасности эвакуировать людей, незадымляемые лестничные клетки, автоматические системы противопожарной защиты и др.

При рассмотрении пожаров, происшедших в зданиях повышенной этажности (ЗПЭ), практически не видна роль автоматических систем противопожарной защиты зданий. Лишь в некоторых случаях при пожарах использовался внутренний противопожарный водопровод.

Анализируя пожары в зданиях повышенной этажности, можно сделать следующие выводы и отметить наиболее проблемные моменты:

- строгое выполнение нормативных требований при строительстве ЗПЭ, постоянное содержание в работоспособном состоянии противопожарных систем, четкое знание обслуживающим персоналом и проживающими гражданами своих обязанностей в случае пожара дают возможность успешно тушить пожары в этих зданиях в начальной стадии их возникновения и без тяжелых последствий;
- успешному тушению пожара в ЗПЭ способствуют знания личным составом пожарных подразделений оперативно-тактических особенностей этих зданий, средств противопожарной защиты, наличие документов предварительного планирования боевых действий по тушению пожара и их практическая отработка совместно с администрацией объекта при проведении пожарно-тактических учений и занятий;
- тушение пожаров в ЗПЭ отличается от тушения в других зданиях. Большая высота зданий обуславливает длительность, сложность, а иногда и невозможность подачи средств тушения в верхнюю зону здания;
- при пожаре в нижних этажах не представляет трудности подать средства тушения, однако в связи с быстрым распространением продуктов горения в верхние этажи здания создается реальная угроза жизни людей, что требует от пожарных сосредоточения на пожаре в короткое время большого количества сил и средств для их спасания;
- незнание пожарными схемы работы систем вентиляции в конкретном здании при пожаре и бессистемное открывание окон и дверей могут привести к быстрому распространению огня и дыма на вышележащие над очагом пожара этажи;
- при тушении пожаров, особенно на верхних этажах, необходимо в первую очередь использовать внутренний противопожарный водопровод и другие первичные средства тушения, а затем вводить стволы, при возможности, от передвижной пожарной техники;
- тушение пожаров из-за высокой концентрации дыма и его токсичности часто проводится личным составом пожарных подразделений в средствах индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД), тип аппарата зависит не только от размеров здания в плане и его планировки, но и от количества задымленных этажей;
- основными путями развертывания и наступления пожарных подразделений на пожар остаются, вне зависимости от планировочных решений этажей, лестничные клетки;
- использование незадымляемых лестничных клеток (с входом в них из коридора по балкону или лоджии) способствует более быстрому и успешному тушению пожара, эвакуации и спасанию людей;
- при использовании на пожаре обычных лифтов и внутренних (особенно темных) лестничных клеток они часто становятся местами гибели людей;
- большинство прибывающих на пожар подразделений участвуют в проведении спасательных работ, так как самостоятельный выход людей, без сопровождения пожарных, невозможен. В это время происходит дальнейшее развитие пожара, растет площадь горения, что влечет за собой увеличение сил и средств на его ликвидацию и времени тушения пожара;
- наличие в ЗПЭ большого количества людей и сложность системы пожарной защиты обуславливают проведение глубокой разведки с целью определения работоспособности этих систем, путей и способов проведения спасательных работ и боевого развертывания. Это требует дополнительного времени на принятие решения и создание дополнительных групп разведки, а также тесного контакта с инженерно-техническим персоналом, обслуживающим здание;
- ошибки в решении первого руководителя тушения пожара (РТП) трудноисправимы впоследствии, и, как правило, приводят к затяжным пожарам с большими материальными потерями и человеческими жертвами;
- в результате особенностей газообмена при пожарах в ЗПЭ и возможного распространения пожара по вертикальным коммуникациям, через оконные проемы и по сгораемой облицовке балконов одновременно с тушением пожара на горящем этаже необходимо подавать стволы на выше- и нижележащие этажи, что требует дополнительных расходов воды и боевых расчетов;
- нередко длительность тушения пожаров составляет 4–5 ч и более, в связи с чем необходима ор-

ганизация подмены личного состава, работающего на боевых участках в условиях высокой температуры или плотного задымления;

- использование автолестниц на пожарах затруднено в связи с ограничением их высоты и наличием у многих ЗПЭ развитой стилобатной части;
- для подачи воды от городского водопровода на большие высоты (начиная с 20–21-го этажа) необходимо применять специальные насосы высокого давления с большим расходом (в настоящее время отсутствуют в боевых расчетах гарнизона), использовать сухотрубы и устройства для подпитки пожарными насосами внутренне-го противопожарного водопровода;
- для подъема пожарных и пожарно-технического вооружения, спасения людей с крыши горящего ЗПЭ можно, при определенных условиях, использовать вертолеты;
- возникновение сложностей в организации взаимодействия со службами жизнеобеспечения объекта и города, а также длительность их сосредоточения.

Развитие пожаров в высотных зданиях и ведение боевых действий по их тушению определяются многими факторами. Ниже рассматриваются наиболее проблемные, на взгляд авторов, из них.

Планировка этажей зданий

Решающими для определения требуемого количества сил и средств для ликвидации горения является форма пожара и количество направлений развития пожара. Эти параметры очень сильно зависят от вида планировки этажа (секционная, офисная и коридорная) [1–3].

При коридорной планировке происходит самое быстрое распространение пожара по этажу на всю длину коридора (средняя скорость распространения огня может достигать 5 м/мин). Высокой температурой оказываются отрезанными все помещения, двери которых выходят в горящий коридор, и проведение спасательных работ возможно только после ликвидации горения в коридоре либо через оконные проемы. В этом случае, как свидетельствуют произошедшие пожары, огонь распространяется на все помещения, двери которых выходят в горящую часть коридора.

При секционной планировке роль коридора выполняют общие холлы, разница заключается в меньшем количестве помещений, выходящих в один холл. Распространение пожара происходит либо по всем помещениям, имеющим один общий выход в холл (например, квартира), либо на всю площадь секции.

Под офисной планировкой понимается размещение в едином объеме этажа легкопереносимых

перегородок, отделяющих рабочее пространство сотрудников. В этом случае распространение пожара происходит по всей площади этажа (общего помещения).

Время боевого развертывания прибывающих пожарных подразделений и свободного развития пожара

Свободным считается развитие пожара от его возникновения до подачи первого ствола на тушение. Это время зависит от многих факторов: когда обнаружен пожар, как быстро о нем сообщили, сбора и следования пожарных подразделений, оценки обстановки и принятия решения РТП, боевого развертывания подразделений для подачи огнетушащих веществ или проведения поисково-спасательных работ. Самое длительное время (при пожарах с массовой гибелью людей УВД г. Самара, общежитие РУДН г. Москва) — это время до сообщения о пожаре в службу “01” (30–40 мин).

Время боевого развертывания зависит от высоты подачи огнетушащих веществ, наличия и характеристик внутреннего противопожарного водопровода, условий работы, планировки здания, способов боевого развертывания и других факторов. При прокладке рукавных линий от передвижной пожарной техники, установленной на водоисточник, время боевого развертывания может превышать одну минуту на этаж, при подаче воды от внутреннего противопожарного водопровода оно, в основном, зависит от физической подготовленности пожарных и сокращается в несколько раз.

При проектировании, возведении высотных зданий и организации противопожарного режима необходимо обратить внимание на тот факт, что чем короче время свободного развития пожара, тем меньше площадь пожара, зоны задымления и высоких температур и, как следствие, ниже угроза людям и материальный ущерб, меньше время тушения, запас огнетушащих веществ и материальных затрат. Недаром говорят, что при пожаре “счет идет на секунды”.

Способы подачи воды на высоту

Выбор способа подачи воды в основном зависит от высоты расположения боевой позиции ствола, необходимого расхода воды на тушение пожара, характеристик техники для подачи воды, как передвижных, так и стационарных установок. Могут быть использованы следующие способы подачи воды на высоту.

Подача от передвижной пожарной техники насосами нормального давления, в том числе при помощи организации перекачки из насоса в насос с

подпором воды во всасывающей полости. Теоретически (при идеальных условиях) возможна подача минимального расхода (1 ствола РС-50 по одной магистральной линии) не выше 90 м.

По сухотрубам возможна подача на ту же высоту, однако будет сокращено время на боевое развертывание и возможна подача большего количества стволов от одного автомобиля.

От внутренних пожарных кранов возможна подача воды на любой этаж, при этом ограничено количество подаваемых стволов.

Существует способ подачи воды на высоты от переносных мотопомп, однако он применялся на практике очень редко, так как требует большого времени на сбор и отладку насосно-рукавной схемы, организационно сложен, предусматривает наличие трансформируемых переносных емкостей. От одной мотопомпы возможна подача не более трех стволов РС-50.

В Московском гарнизоне на вооружении имеются насосы высокого давления, вместе с тем эти насосы при большом напоре обеспечивают малые расходы воды (до 4 л/с).

При наличии на территории гарнизона высотных зданий необходима техника, способная подавать большие расходы (до 40 л/с) воды под большим напором (более 150–200 мм вод. ст.), причем ее количество необходимо определять расчетным путем.

Расходы теоретические и практические

Какой же необходимо подавать расход огнетушащих веществ на тушение пожара? Для каждого конкретного пожара он индивидуален. Имеются методики расчета этого параметра, который зависит от площади тушения (в некоторых случаях — всей площади пожара), интенсивности подачи огнетушащих веществ и конструктивно-планировочных решений здания. С учетом расхода и возможных путей распространения пожара, а также выбранной тактики ведения боевых действий определяются количество и тип стволов для тушения пожара (ликвидации горения, защиты соседних помещений, обеспечения спасательных работ и т.д.). При разившихся пожарах в зданиях повышенной этажности расход воды на тушение превышал 100 л/с, в то время как внутренний противопожарный водопровод обеспечивает не более 10 л/с.

Спасательные работы

Спасание людей при пожаре является важнейшим видом боевых действий и представляет собой совокупность мер по перемещению людей из зоны воздействия и вторичных проявлений опасных фак-

торов пожара или защите людей от их воздействия и вторичных проявлений [4, 5].

Спасание людей на пожаре организуется и проводится в том случае, если:

- людям угрожают огонь, высокая температура, опасность взрыва или обрушение конструкций либо помещение, где они находятся, заполнено дымом (токсичными продуктами горения и разложения веществ и материалов) или другими опасными газами;
- люди самостоятельно не могут покинуть опасные места;
- имеется угроза распространения огня и дыма по путям эвакуации;
- предусматривается применение опасных для жизни людей огнетушащих веществ и составов.

Спасание людей при пожаре проводится с использованием способов и технических средств, обеспечивающих наибольшую безопасность и, при необходимости, с осуществлением мероприятий по предотвращению паники.

Для спасания людей и имущества применяются следующие основные средства:

- стационарные незадымляемые и ручные пожарные лестницы;
- автолестницы и автоподъемники;
- спасательные устройства (спасательные рукава, веревки, трапы и индивидуальные спасательные устройства);
- аппараты защиты органов дыхания;
- аварийно-спасательное оборудование и устройства;
- вертолеты для снятия людей с открытых площадок (крыш);
- иные доступные, в том числе приспособленные средства спасания.

Порядок и способы спасания людей определяются РТП и должностными лицами, проводящими спасательные работы, в зависимости от обстановки на пожаре и состояния людей. При реализации спасательных работ учитывается состояние основных и запасных путей эвакуации, а также техническая оснащенность объекта системами оповещения, аварийного освещения, дымоудаления [1–3, 5].

Основными способами спасания людей при пожаре являются:

- перемещение их, в том числе спуск или подъем с использованием специальных технических средств, в безопасное место: организация самостоятельного их выхода из опасной зоны в сопровождении или по указанию направления движения пожарными или вынос их из опасной зоны пожарными;
- защита их от воздействия ОФП.

Спасание людей при пожаре при достаточном количестве сил и средств может проводиться одновременно с другими боевыми действиями. Если сил и средств недостаточно, то они используются только для спасания людей; другие боевые действия не ведутся или приостанавливаются.

Проведение спасательных работ при пожаре прекращается после осмотра всех мест возможного нахождения людей и отсутствия нуждающихся в спасении.

Подводя итог можно отметить, что Московский гарнизон пожарной охраны в настоящий момент не в полной мере технически готов к тушению пожаров в высотных зданиях. При разработке проектов необходимо учитывать мнения и предложения оперативных сотрудников, иначе может произойти катастрофа и пожарные ничего не смогут сделать, даже рискуя своими жизнями!

Имеющиеся в настоящее время на вооружении ГПС МЧС России спасательные средства позволяют эффективно проводить спасательные работы по подъемным механизмам снаружи здания с высот до 60 м при идеальных условиях их установки около здания и проникновения в помещения, а также вертолетами с крыш при возможности подлета. Остальные спасательные мероприятия возможны только по незадымляемым лестничным клеткам через коридоры.

Нормативно-технические мероприятия и объемно-планировочные решения должны включать вопросы обеспечения боевых действий по тушению пожаров оперативными подразделениями на передвижной пожарной технике.

Обслуживающий персонал должен проходить специальную подготовку, в том числе психологическую, по действиям во время пожаров на таких сложных объектах. Возможно создание в службе обслуживания комплексов личных пожарных подразделений, способных решать тактические задачи

на первых этапах развития пожара (спасательные работы, включение систем противопожарной защиты, ликвидация пожара или, хотя бы, снижение интенсивности распространения пожара и т.д.), как до прибытия сил и средств гарнизона, так и для обеспечения их действий в ходе тушения пожара уже на первых этапах.

Необходимо создание систем внутреннего противопожарного водоснабжения, способных обеспечить требуемый для тушения развившихся пожаров расход воды в верхних этажах, куда невозможна подача огнетушащих веществ от передвижной пожарной техники.

К разработке документов предварительного планирования администрация объектов должна привлекать наряду со специалистами, занимающимися тушением пожаров, научных сотрудников ГПС МЧС России, изучающих вопросы организации и тактики тушения пожаров.

Уже в ходе строительства необходимо продумать вопрос обеспечения пожарной безопасности, в том числе тушение пожаров оперативными пожарными подразделениями, новостроек, когда еще не смонтированы планируемые системы противопожарной защиты.

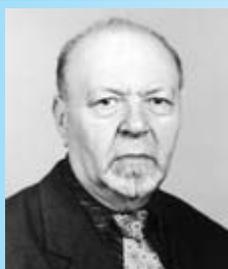
Возможна ситуация, когда хозяин рискует своим имуществом, однако даже если вывести всех людей из здания, то нет гарантии, что будет отсутствовать угроза жизни самих пожарных, людей, находящихся поблизости к зданию, и имуществу третьих лиц.

Говорить о том, что пожар можно не тушить, пусть выгорит, главное спасти людей — нельзя! Строительные конструкции имеют ограниченный предел огнестойкости, и если не будет возможности подавать огнетушащие вещества, то произойдет их обрушение, в этом случае последствия могут быть сравнимы с пожаром в башнях-близнецах в г. Нью-Йорке и Виндзорской — в г. Мадриде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации об особенностях ведения боевых действий и проведения первоочередных аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров на различных объектах / Приложение к письму ГУГПС МВД России от 02.06.2000 г. № 20/3.1/2042.
2. Временные рекомендации по тушению пожаров в зданиях повышенной этажности. — М.: ГУПО МВД СССР, 1986.
3. **Иванников, В. П.** Справочник руководителя тушения пожара / В. П. Иванников, П. П. Ключ. — М.: Стройиздат, 1987.
4. Федеральный закон от 31.12.1994 г. № 69-ФЗ “О пожарной безопасности” (с изм. от 22.08.1995 г., 18.04.1996 г., 24.01.1998 г., 07.11.2000 г., 27.12.2000 г., 06.08.2001 г., 30.12.2001 г., 25.07.2002 г., 10.01.2003 г.).
5. Боевой устав пожарной охраны / Приложение 2 к приказу МВД России от 05.07.1995 г. № 257 с изм. и доп. согласно приказа МВД России от 06.05.2000 г. № 477.

Поступила в редакцию 18.10.07.



Д-р техн. наук, профессор Воронежского государственного архитектурно-строительного университета

М. Я. Панов



Генеральный директор ООО Ингмар-XXI

Ю. Ф. Петров



Д-р техн. наук, профессор Воронежского государственного архитектурно-строительного университета

В. И. Щербаков

УДК 628.144.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В РЕЖИМЕ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

На основе модели возмущенного состояния систем подачи и распределения воды путем математического моделирования показана высокая эффективность применения ненагруженного резервирования для тушения пожара объектов высшего приоритета по пожарной безопасности. Пропуск воды к объекту обеспечивается подключением ненагруженного структурного резерва сетевой системы еще до включения противопожарных насосов в составе насосной станции. При этом предусматривается использование противопожарного (резервного) объема воды в резервуарных емкостях.

Режим пожаротушения для системы водоснабжения является по своей сути хотя и кратковременным, но «глубоким» возмущением, вносимым в систему и выражаемым подключением дополнительных источников энергии в виде пожарных насосов в составе насосной станции (НС). Последние, сохраняя штатный режим водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды, обеспечивают пропуск противопожарного расхода воды к месту пожара. Пожарный запас воды хранится в резервуаре чистой воды. Однако от момента получения информации о возникновении пожара до включения пожарных насосов проходит определенное время, в течение которого объекту пожаротушения может быть нанесен непоправимый материальный ущерб. То есть в это короткое время может определиться дальнейшая судьба объекта с возможностью его последующего восстановления.

Сокращению промежутка времени от момента получения сигнала о пожаре до пропуска сетевой системой расхода воды на пожаротушение (независимо от начала работы пожарных насосов) может способствовать использование так называемого ненагруженного резерва (ГОСТ 27.002–89), т.е. формирование на стадии проектирования системы подачи и распределения воды (СПРВ) дополнительных резервных элементов (например, байпасных линий), не нагруженных в штатном режиме. Ненагруженное резервирование, в отличие от нагружен-

ного, формирует одновременно структурный и транспортный резервы системы. Однако возникают вопросы о количестве резервных элементов, их гидравлических характеристиках, узлах подключения к системе и т.п., ответ на которые может дать формализация этой задачи, т.е. математическое моделирование потококораспределения, на основе модели возмущенного состояния (МВС) [1]:

$$[C_{p \times n1} | C_{p \times n2}] \times \begin{bmatrix} R_{n1} & 0 \\ 0 & R_{n2} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} Q_{n1 \times 1} \\ Q_{n2 \times 1} \end{bmatrix} = \\ = [M_{p \times e}] \times [\hat{H}_{e \times 1}]; \quad (1)$$

$$[K_{r \times n1} | 0_{r \times n2}] \times \begin{bmatrix} R_{n1} & 0 \\ 0 & R_{n2} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} Q_{n1 \times 1} \\ Q_{n2 \times 1} \end{bmatrix} = [0]; \quad (2)$$

$$[A_{m \times n1} | A_{m \times n2}] \times \begin{bmatrix} Q_{n1 \times 1} \\ Q_{n2 \times 1} \end{bmatrix} = [0], \quad (3)$$

где $n1, n2$ — количество реальных участков в составе расчетного фрагмента (РФ) и фиктивных участков в составе абонентских подсистем (АП); $[C]$, $[K]$, $[A]$ — топологические матрицы, составленные из единичных элементов, для независимых цепей, контуров и матрица инцидентий соответственно;

p — число независимых цепей, $p = e - 1$;

e — число узлов с фиксированным потенциалом;

r — число независимых контуров;
 m — число узлов с нефиксированным потенциалом;
 $[M]$ — топологическая матрица смежности для независимых цепей;
 \hat{H}_j — фиксированный напор в узле j ;
 $R_i = S_i |Q_i|^{\alpha-1}$ — элементы диагональной матрицы;
 S_i, Q_i — коэффициент гидравлического сопротивления и расчетный расход участка i ;
 α — показатель степени в формуле Дарси-Вейсбаха.

Под реструктуризацией СПРВ будем понимать изменение числа структурообразующих элементов (контуров, цепей, участков, источников, потребителей и т.п.) в результате реконструкций, ремонтов, реновации участков, включения резервных линий и т.д., т.е. различных форм структурных возмущений, вносимых в систему. В итоге происходит изменение потокораспределения и режима водопотребления.

Рассмотрим вопросы формирования физической модели системы водоснабжения второго подъема на любом режиме функционирования.

Состояние системы однозначно связано с ее структурой через краевые условия. Реальные полноразмерные СПРВ отображаются бесконечными (полубесконечными) структурными графами (СТГ), по числу элементов соизмеримыми с численностью населения города, поскольку вода подается в каждую квартиру. Поэтому неизбежной является декомпозиция СТГ, т.е. расчленение его на отдельные фрагменты с последовательным решением задач потокораспределения в тех из них (РФ), гидравлические процессы в которых представляют для нас интерес. Выделение РФ производится сечением по узлам, приобретающим статус энергоузлов (ЭУ), через которые происходит энерго- и массообмен между РФ и остальной частью системы — метасистемой. Для адекватности процессов, протекающих в РФ, в ЭУ формируются граничные условия (ГУ), отражающие реакцию метасистемы. ГУ могут выражаться в виде фиксированной узловой информации, т.е. узловых потенциалов (заданных, достоверных значений полных пьезометрических напоров) или узловых отборов (притоков в случае присоединения к узлу источника). Другой формой граничной информации является параметрическая и функционально определенная взаимосвязь между узловым напором и расходом воды через него (паспортные характеристики регуляторов, насосов и т.п.).

Метасистема, по масштабу соизмеримая с полноразмерной СПРВ, подлежит эквивалентированию, т.е. переводу бесконечных в конечные СТГ, дающему возможность организовать рациональный

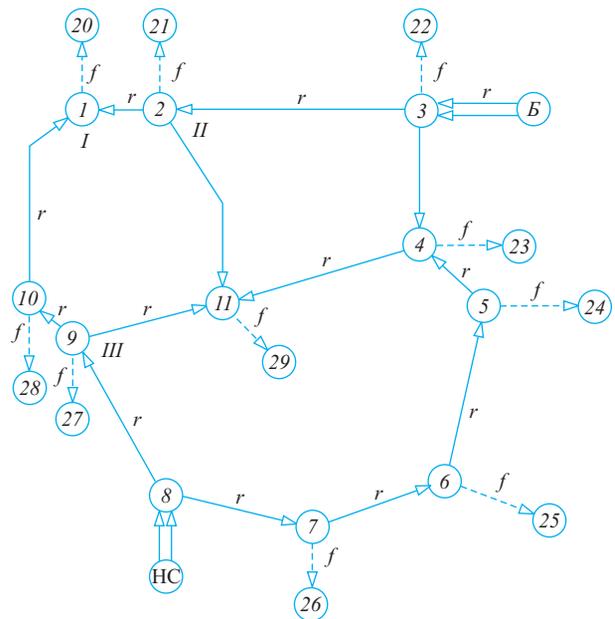


Рис. 1. Расчетная схема системы водоснабжения второго подъема (исходная позиция): НС — насосная станция; Б — водонапорная башня; r, f — реальные и фиктивные участки

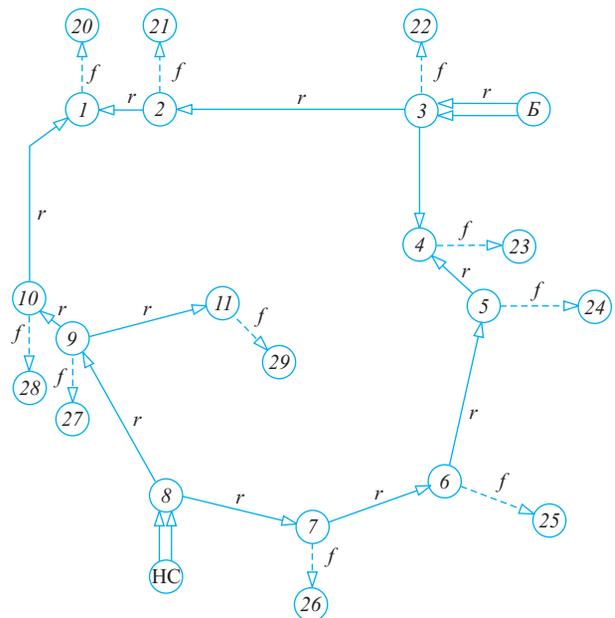


Рис. 2. Технологическая схема реструктуризации системы водоснабжения: 2-11, 4-11 — резервные участки

процесс моделирования в условиях ограниченных ресурсов вычислительной техники. Присоединение эквивалента (модели) метасистемы к РФ по узлам разъединения формирует физическую модель полноразмерной гидравлической системы (МПГС), отображаемую бинарным, т.е. содержащим реальные и фиктивные линии, СТГ (рис. 1 и 2). Математическая модель (1) – (3) записана для МПГС. Все

структурные возмущения, одним из которых является рассматриваемое подключение ненагруженно резерва [2], приводящего к реструктуризации системы, вносятся в структуру РФ.

Рассмотрим на примере реальной СПРВ второго подъема моделирование последствий реструктуризации системы для возможности пропуска противопожарного расхода воды к энергоузлу (см. рис. 1, поз. 29) и то, что не менее важно, как это отразится на режиме водопотребления остальных потребителей при условии, когда пожарные насосы насосной станции (см. рис. 1, поз. НС) еще не включены, т.е. НС работает в штатном режиме.

Для выделения в составе СТГ узла питания, отождествляющего насосную станцию и позволяющего формализовать соответствующие ГУ, необходимо провести эквивалентирование двух параллельно подключенных насосов:

- 1-й насос Д 200/95 с напорной характеристикой

$$H_1 = a_1 q_1^2 + C_1 = -0,0058 q_1^2 + 113, \quad (4)$$

- 2-й насос Д 630/95 с характеристикой

$$\begin{aligned} H_2 &= a_2 q_2^2 + c_2 q_2 + c_2 = \\ &= -0,00271 q_2^2 + 0,797 q_2 + 33,65. \end{aligned} \quad (5)$$

Частные условия энергетического эквивалентирования для стационарного случая формализуются нижеследующим равенством [3]:

$$\begin{aligned} \sum_{j \in J_{\pi(\varphi)}^r} \int_0^{q_j} (Z_j + H_j) dq_j &= \\ = \sum_{j \in J_{\pi(\varphi)}^f} \int_0^{q_j} (Z_j + H_j) dq_j; \end{aligned} \quad (6)$$

где $J_{\pi(\varphi)}$ — множество насосных узлов питания с заданной напорной характеристикой;

q_j — расчетный расход воды через насосный узел j ;

верхние индексы r и f относятся к реальным структурным элементам РФ и фиктивным элементам модели метасистемы;

нижний индекс π относится к источникам питания, подающим воду в сеть.

Используя условие (6), получаем напорную характеристику эквивалентного насоса, работающего в штатном режиме:

$$\begin{aligned} H_s &= -0,001283(q_1 + q_2)^2 + \\ &+ 0,4855(q_1 + q_2) + 46,97. \end{aligned} \quad (7)$$

Таким образом, граничные условия насосного узла питания определены функционально услови-

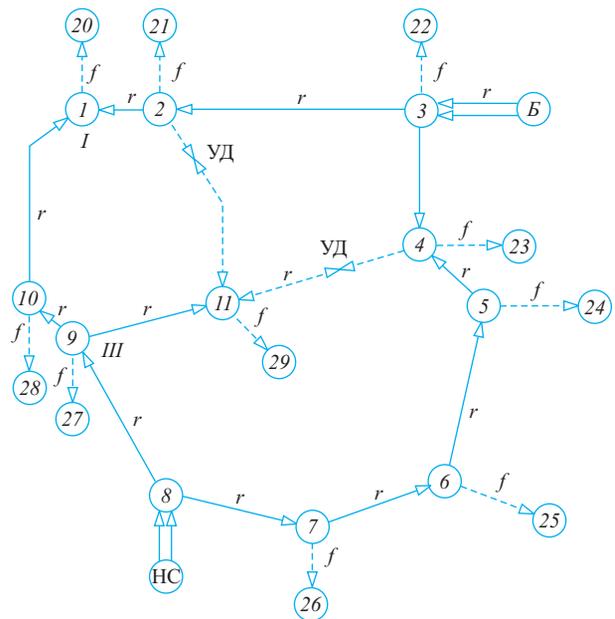


Рис. 3. Расчетная схема системы после реструктуризации

ем (7). ГУ остальных ЭУ (см. рис. 1 поз. 20–29, Б) определены в виде фиксированных узловых напоров, равных геодезическим отметкам соответствующих узлов, а для узла Б — напором, вырабатываемым водонапорной башней. Следовательно, граничные условия модели (1) – (3) определены однозначно.

Допускается, что в узле 29 расположен объект, занимающий высший приоритет по условиям пожаротушения, одним из которых является регламентирование отрезка времени от начала пожара до начала его тушения, в течение которого пожарные насосы не успевают включиться. Выполнение заданного регламента возложено на структурный резерв системы, за счет открытия двух резервных линий, подающих противопожарный расход воды к означенному ЭУ (см. рис. 2).

Имитация подключения резерва производится с помощью управляемых дросселей (УД) с переменным гидравлическим сопротивлением

$$S_i^{(k)} = S_i^{(k-1)} + S_i^{(k-1)} \delta \bar{S}_i^{(k)}, \quad k = 1, 2, \dots, K, \quad (8)$$

где $S_i^{(k)}$ — коэффициент гидравлического сопротивления УД, присоединенного к участку i , на итерации k ;

$\delta \bar{S}_i^{(k)}$ — относительное отклонение $S_i^{(k)}$,

$\delta \bar{S}_i^{(k)} = \delta S_i^{(k)} / S_i^{(k)}$;

K — число итераций, соответствующее полному открытию УД.

Относительное отклонение $\delta \bar{S}_i^{(k)}$ является величиной задаваемой, определяющей скорость откры-

Исходная информация и результаты моделирования процесса реструктуризации системы водоснабжения (рис. 1)

Обозначение участка	$L, \text{ м}$	$D_y, \text{ мм}$	До внесения возмущения (рис. 1)			После внесения возмущения (рис. 3)			
			$Q, \text{ л/с}$	$S \cdot 10^4$	$h, \text{ м}$	$Q, \text{ л/с}$	$S \cdot 10^4$	$h, \text{ м}$	
Реальные участки РФ	НС-8	190	500	238,953	0,11293	0,6448	230,5	0,11293	0,6
	Б-3	110	500	122,373	0,069613	0,1042	169,5	0,069613	0,2
	1-10	500	200	0,85217	56,0	0,0041	-25,0	56,0	-3,5
	2-1	240	200	65,095	9,375	3,972	40,0	9,375	1,5
	2-11	470	250	$6,8 \cdot 10^{-21}$	$7,28 \cdot 10^{42}$	0,034	40,0	12,5	2,0
	9-11	350	150	64,393	80,0	33,17	25,0	80,5	5,0
	9-10	270	300	23,122	4,0	0,2138	50,0	4,0	1,0
	3-2	430	300	90,292	3,1746	2,588	105,0	3,1746	3,5
	3-4	270	200	2,06	21,004	0,0089	34,5	21,004	2,5
	4-11	270	200	$5,01 \cdot 10^{-21}$	$1,42 \cdot 10^{43}$	0,096	35,0	24,4898	3,0
	5-4	270	100	13,292	437,045	7,722	15,5	437,045	10,5
	6-5	240	200	33,268	30,1528	3,337	35,5	30,1528	3,8
	7-6	390	200	102,99	3,32427	3,525	105,5	3,32427	3,7
	8-7	250	250	122,89	3,49201	5,273	125,5	3,49201	5,5
	8-9	240	200	116,06	19,50113	26,27	105,0	19,50113	21,5
Фиктивные участки АП	1-20	-	-	64,243	148,876	61,44	65,0	148,876	62,9
	2-21	-	-	25,196	1022,40	64,909	25,0	1022,4	63,9
	3-22	-	-	30,021	748,889	67,496	30,0	748,889	67,4
	4-23	-	-	15,353	2440,0	57,515	15,0	24	54,9
	5-24	-	-	19,976	1742,5	69,533	20,0	1742,5	69,7
	6-25	-	-	69,719	160,612	78,07	70,0	160,612	78,7
	7-26	-	-	19,90	2022,5	80,096	20,0	2022,5	80,9
	9-27	-	-	28,549	682,222	55,605	30,0	682,222	61,4
	10-28	-	-	23,975	996,8	57,29	25,0	996,8	62,3
	11-29	-	-	64,392	57,6	23,88	100,0	57,6	57,6

тия УД. Поскольку скорость является технологическим показателем вычислительного процесса, не оказывающим влияние на конечный результат моделирования, принимаем $\delta \bar{S}_i^{(k)} = -0,1 = \text{const}$.

Результаты моделирования представлены в таблице, алгоритмический язык Delphi 5.

Система ограничений: при $S_i^{(k)} \leq S_{io}, S_i^{(k)} = S_{io}$. Значения S_{io} для резервных участков представлены в таблице (8-я колонка).

Процедура реструктуризации, т.е. перевода системы из одно- в трехкольцевую путем подключения резервных линий (см. рис. 2), “стартует” с выделения трассы означенных участков между выбранными узлами РФ. Значения задаваемых гидравлических параметров резервных линий на нулевой итерации должны исключить возможность какого бы то ни было воздействия на основные показатели функционирования системы (потокораспределение, водопотребление). Образовавшиеся в результате активизации резерва новые контуры (I, II и III)

еще не функционируют как самостоятельные структурные образования и, как следует из таблицы, сетевые законы для этих контуров не выполняются. Это происходит постепенно в итерационном процессе увеличения значений S резервных линий.

Направления течения водопотоков и потери напора на резервных линиях определяются при этих значениях напоров в соответствующих инцидентных узлах. Задавая достаточно большой величиной коэффициента S , можно определить начальный расход через резервную линию по формулам инженерной гидравлики.

Подобная алгоритмическая процедура формирования начального приближения позволяет организовать математически непрерывный итерационный процесс реструктуризации системы. Критерием достоверности полученного решения является выполнение всех сетевых законов в реструктурированной системе, иными словами получение единственного решения системы уравнений (1) – (3).

По результатам моделирования расход на фиктивном участке 11–29 увеличился более чем на 50% (энергоузлы МПГС отождествляются с потребителями, а расходы инцидентных им фиктивных участков формируют режим водопотребления) при незначительном (не превышающем 5%) отклонении водопотребления всех остальных потребителей. То есть резервные линии, даже при невключенных пожарных насосах, обеспечивают пропуск пожарного расхода к объекту пожаротушения при сохранении режима водопотребления всех остальных потребителей близким к расчетному. При этом расход воды от водонапорной башни увеличился почти на 50%, а через НС уменьшился примерно на 3,5%. То есть противопожарный расход воды должен

быть обеспечен водонапорным резервуаром, объем которого может быть определен по результатом моделирования. На участке 1–10 изменилось направление течения воды, что вполне допустимо.

Включение резервных линий осуществляется по сигналу о появлении пожара, скорость включения определяется скоростью открытия автоматизированных запорных устройств в рамках функционирования АСУ ТП РВ.

Вывод. Результаты моделирования процесса реструктуризации путем подключения ненагруженного резерва подтверждают высокую противопожарную эффективность рассматриваемой технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Панов, М. Я.** Моделирование возмущенного состояния гидравлических систем сложной конфигурации на основе принципов энергетического эквивалентирования / М. Я. Панов, В. И. Щербаков, И. С. Квасов // Изв. РАН. Энергетика. — 2002. — № 6. — С. 130–137.
2. **Панов, М. Я.** К вопросу моделирования ненагруженного резерва в проектируемых гидравлических системах / М. Я. Панов, И. С. Квасов, В. И. Щербаков [и др.] // Изв. вузов. Строительство. — 1997. — № 11. — С. 91–95.
3. **Панов, М. Я.** Моделирование, оптимизация и управление системами подачи и распределения воды / М. Я. Панов, А. С. Левадный, В. И. Щербаков [и др.]. — Воронеж: Воронежский гос. арх.-строит. ун-т; Воронежский техн. ун-т., 2005. — 490 с.

Поступила в редакцию 26.11.07.



Адъютант Академии
ГПС МЧС РФ

О. Ю. Сабинин

ООО "ТЭК Экохиммаш"

С. М. Агаларова

УДК 614.842.611

ОГNETУШАЩИЕ ПОРОШКИ. ПРОБЛЕМЫ. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Описаны механизм огнетушащего действия порошков, их технологические и эксплуатационные свойства. Проведен анализ рынка фосфорноаммонийных порошков, выпускаемых как отечественной, так и зарубежной промышленностью. Обозначена проблема определения требований к огнетушащим порошкам в зависимости от области их применения. Проанализированы нормативные документы, регламентирующие автоматическое порошковое пожаротушение, выявлены их недостатки.

Успешное тушение пожара можно обеспечить, создав условия, при которых невозможно самопроизвольное продолжение реакции горения. Для создания таких условий используются огнетушащие средства, различающиеся как по способу воздействия на очаг горения, так и по эффективности. Одними из современных средств борьбы с пожарами являются огнетушащие порошки и соответствующие порошковые технические средства.

Огнетушащие порошки представляют собой мелко измельченные минеральные соли, такие как бикарбонаты и карбонаты натрия и калия, аммонийные соли фосфорной кислоты, с различными добавками, препятствующими слеживаемости и комкованию. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с другими средствами:

- исключительно высокой огнетушащей способностью, в несколько раз превышающей показатели таких сильных ингибиторов горения, как галоидуглеводороды;
- универсальностью применения, так как подавляют горение материалов, которое невозможно потушить водой и другими средствами (например, металлов и некоторых металлосодержащих соединений), а также электроустановок, находящихся под напряжением;
- отсутствием токсичности;
- возможностью применения при температурах от -50 до $+60^{\circ}\text{C}$;
- разнообразием способов пожаротушения, в том числе для предупреждения (флегматизации) и подавления взрыва.

Вместе с тем огнетушащие порошки имеют и недостатки, основным из которых является их склонность к слеживанию и комкованию.

Первые упоминания об использовании твердых измельченных материалов для тушения пожаров относятся к XVIII в. Примерно 100 лет назад появились первые сообщения о создании огнетушащих порошков. Однако до второй мировой войны порошковое пожаротушение не получило широкого распространения. Лишь после разработки новой технологии измельчения материалов и сохранения в течение длительного времени так называемых эксплуатационных свойств измельченных материалов порошки начали широко применять для тушения пожаров.

Механизм огнетушащего действия. Суммарный огнетушащий эффект порошковых составов в настоящее время объясняют следующими факторами: разбавлением горючей среды газообразными продуктами разложения порошка или порошковым облаком; охлаждением зоны горения; возникновением эффекта огнепреграждения, обусловленным прохождением пламени через узкие каналы между частицами порошка; ингибированием химических реакций в пламени. Последнее может осуществляться как в газовой фазе, так и на поверхности частиц.

Наиболее обстоятельно гомогенное ингибирование порошками рассмотрено авторами работы [1]. Они изучали действие карбонатов, бикарбонатов, галогенидов щелочных и щелочноземельных металлов с частицами размером менее 10 мкм на скорость распространения пламени метановоздушной смеси. Установлено, что скорость горения снижалась до минимальной при концентрации меньше $0,1 \text{ кг/м}^3$ наиболее эффективных солей (карбонатов и бикарбонатов калия и натрия). Расчетом показано, что столь мелкие порошки успевают при про-

хождении через пламя нагреться до температуры пламени и испариться.

Автором работы [2] было установлено, что степень прогревания и испарения частицы порошка в пламени зависит, в основном, от диаметра частицы и скорости пламени, а в случае ее разложения — еще и от индивидуальной для данного вещества константы скорости разложения.

Достаточно убедительное доказательство гетерогенного механизма ингибирования получено в публикациях [3, 4], в которых сопоставлялись огнетушащие концентрации различных солей определенной дисперсности для тушения метановоздушных смесей, а также константы скорости гетерогенной рекомбинации атомов кислорода и водорода на поверхности солей.

Дальнейшее развитие представлений о роли гетерогенного и гомогенного ингибирования получено в работах [5, 6], в которых допускается возможность одновременного протекания обоих процессов. По мнению авторов публикации [7], эффективными ингибиторами горения являются те неорганические соли, которые способны к полиморфным превращениям при температурах не выше 250–600°C обладают в достаточном количестве дефектами кристаллической решетки.

Сторонники теплового механизма подавления горения порошковыми составами [8–11] приходят к выводам о том, что имеет место не эффект ингибирования, а охлаждение и разбавление (флегматизация) очага газообразными продуктами разложения порошков.

В работах [12, 13] проведены расчеты теплового взаимодействия частиц порошка с пламенем. Было показано [12], что частицы порошка диаметром менее 10 мкм при скорости распространения пламени менее 0,1 м/с должны испаряться полностью, однако уже при скорости 0,3 м/с испаряется лишь 20% их массы. Частицы же размером более 30 мкм при таких и больших скоростях распространения пламени практически не будут испаряться.

В работе [2] сообщается о том, что реальный охлаждающий эффект порошкового облака составляет не более 10–20% тепла очага, т.е. непозволительно говорить о чисто тепловом механизме действия порошков. При этом нагревание частицы происходит не только за счет конвекции и радиации, но и за счет “отъема” кинетической энергии налетающих активных центров пламени в акте гетерогенного ингибирования. При порошковом пожаротушении эффект разбавления (флегматизации) горючей среды незначителен. Так, если даже полностью разложить огнетушащую дозу (150 г/м^3) NaHCO_3 , то выделившейся CO_2 (около 20 л/м^3) составит лишь 2% объема защищаемой среды.

Как показано в работе [2], перекрыть или затруднить доступ кислорода к очагу горения можно лишь при тушении твердых углеродсодержащих материалов (или металлов типа магниевых сплавов), так как при попадании на горящую (тлеющую) поверхность некоторые типы порошков образуют на ней вязкую полимерную пленку плава, затрудняющую доступ к горящей поверхности кислорода воздуха.

Эффект огнепреграждения состоит из энергоотвода химической реакции из реакционной зоны и мгновенной по всему объему порошкового облака “тепловой” гибели АЦП. При этом свойства материала порошка особой роли не играют. Однако если поверхность частиц порошка еще и химически активна, к “тепловой” гетерогенной гибели АЦП добавляется и их химическая гетерогенная дезактивация, т.е. собственно гетерогенное ингибирование.

При попадании порошковых частиц в очаг пожара в количестве, соответствующем их огнетушащим концентрациям ($0,05 - 0,5 \text{ кг/м}^3$), существенного разбавления газовой среды не происходит. Так, при истинной плотности порошка 2000 кг/м^3 даже 0,5 кг займет в 1 м^3 лишь 0,025% объема. А для того, чтобы понизить объемную долю кислорода до значения, при котором невозможна реакция горения, необходимо в короткие мгновения распылить (и не дать осесть) сотни килограммов порошка на 1 м^3 очага, что технически трудновыполнимо, а экономически бесперспективно.

Химическая основа порошков. В зависимости от основного составляющего компонента выделяют три основные группы порошков [14] на основе: бикарбонатов щелочных металлов; фосфорно-аммонийных солей; хлоридов щелочных металлов.

Бикарбонатные порошки предназначены для тушения пожаров классов В, С, Е, обладают хорошими эксплуатационными свойствами, недороги в производстве. Они успешно применяются для тушения загораний сжиженных газов, большого количества нефтепродуктов (например, при аварийных посадках самолетов), спиртов и других полярных горючих жидкостей, которые плохо тушатся пенами. В некоторых странах вместо бикарбоната натрия используют бикарбонат калия с более высокой огнетушащей способностью, но обладающий повышенной гигроскопичностью и более высокой стоимостью, поэтому порошки на такой основе не получили широкого применения.

В настоящее время наиболее широко используются порошки на основе фосфорноаммонийных солей. К достоинствам этих порошков относится возможность тушения пожаров как классов В, С, Е, так и класса А, в частности волокнистых тлеющих материалов (древесины, бумаги и т.п.). Эффект туше-

ния связан не только с ингибированием пламени, но и со способностью образовывать под воздействием высоких температур на тлеющей поверхности вязкую пленку полифосфатов, которая изолирует материал от воздуха.

Порошки на основе хлоридов щелочных металлов (KCl, NaCl) используются преимущественно для тушения пожаров класса D. Ими заряжают в основном ручные огнетушители, а особенностью их применения является “мягкая” подача на поверхность горящего металла с целью образования слоя достаточной толщины, предотвращающего прорыв газов. Слой поддерживается в течение времени, необходимого для охлаждения раскаленного металла и исключения повторного воспламенения.

Технологические и эксплуатационные свойства порошков. Наиболее важным свойством огнетушащих порошков является их огнетушащая способность. В лабораторных условиях доказано повышение огнетушащей эффективности порошков при увеличении их удельной поверхности. Однако нельзя утверждать, что данная зависимость будет справедлива для полигонных испытаний, где условия применения порошков приближаются к реальным. При практическом использовании средств порошкового пожаротушения их огнетушащая способность будет зависеть как от свойств самого порошка, так и от условий его подачи в очаг пожара. В связи с этим применение на практике сверхтонких порошков, обладающих наилучшей огнетушащей эффективностью, представляет большие трудности, так как такие порошки потоком горячего воздуха уносятся от очага пожара, не проникая в пламя. Однако при использовании данных порошков в импульсных установках с очень высоким давлением выброса возможно значительное повышение их огнетушащей способности. Данное предположение может быть подтверждено либо опровергнуто при полигонных испытаниях по тушению модельных очагов пожара импульсными модулями.

Наряду с вопросами огнетушащей эффективности, с точки зрения химической природы порошков и механизмов их взаимодействия с пламенем, нельзя оставить без внимания такие свойства огнетушащего порошка, как: способность создавать порошковое облако, не слеживаться и не комковаться в течение длительного времени, т.е. эксплуатационные качества.

Для улучшения текучести и устойчивости при хранении в порошки вводят различные добавки. Наилучшие результаты показывают составы с добавками кремнийорганических соединений, например аэросила (диоксида кремния, модифицированного диметилдихлорсиланом [15]), стеаратов металлов, различных кремнийорганических жидкост-

тей [16], а также инертных опудривающих добавок типа флогопита, талька, вермикулита и др.

Необходимо иметь в виду, что в каждом конкретном случае следует находить оптимальное содержание указанных добавок в порошке [2]. Их избыток может привести к ухудшению огнетушащей эффективности, поскольку аэросилы и инертные добавки затрудняют образование пленки шлака на тлеющей поверхности (при тушении очагов класса А). Избыток жидких гидрофобизирующих добавок (так называемое перемасливание) может также вызвать ухудшение текучести и огнетушащей эффективности по классам В и С. Недостаточная же доля этих добавок приведет к ухудшению эксплуатационных свойств порошка (влагопоглощения, слеживаемости, текучести, виброустойчивости) и к сокращению гарантийного срока хранения.

Следует отметить, что после изготовления и зарядки в огнетушащее устройство (огнетушители, автоматические установки пожаротушения) порошок, как правило, подвергается длительной тряске (транспортирование и эксплуатация в условиях вибрации), воздействию циклической смены температур (тепло – холод). В этих случаях большое значение имеет не только химический состав порошка, т.е. спецдобавки, но и технология его изготовления.

Основными физико-химическими параметрами порошков, которые должны жестко контролироваться, являются влагопоглощение, слеживаемость, гранулометрический состав, текучесть, качество гидрофобизации.

Данные показатели строго нормированы и отражены в документах, предназначенных для организаций, предприятий — изготовителей порошков, средств их доставки и обслуживания [17–19].

Анализ рынка порошков. В таблице приведены сведения об основных марках и производителях огнетушащих порошков как в нашей стране, так и за рубежом. В настоящее время наиболее распространены порошки на основе фосфорноаммонийных солей, так как они универсальны (могут применяться для тушения пожаров всех классов, за исключением пожаров металлов (класс D)), а также обладают высокой огнетушащей способностью.

Анализируя свойства фосфорноаммонийных порошков, приведенные в рекламных изданиях, паспортах и на официальных сайтах в сети интернет, можно отметить их значительный разброс. Так, удельная поверхность различных марок порошков колеблется от 2300 до 20000 см²/г; кажущаяся насыпная плотность уплотненного порошка — от 600 до 1300 кг/м³; различаются порошки и по гранулометрическому составу. В работе [20] было показано, что оксиды фосфора имеют высокую ингибиру-

Марки и производители огнетушащих порошков

Марка огнетушащего порошка	Класс пожара	Основной компонент химического состава	Производитель
ПХК	В, С, Д	Хлорид калия	ЗАО “Экохиммаш”, г. Буй.
ПСБ-3М	В, С, Е	Бикарбонат натрия	
ПГХК “Завеса”	В, С, Д, Е	Хлорид калия	АО НИИПМ, г. Пермь
Пирант-А	А, В, С, Е	Аммофос	АООТ “Фосфорит”, г. Кингисепп
П-2АПМ и П-2АП	А, В, С, Е	Аммофос	КГХЗ, Украина, г. Константиновка
Вексон-АВС	А, В, С, Е	Фосфат аммония	ЗАО “Экохиммаш”, г. Буй
П-ФКЧС	А, В, С, Е	Аммофос	
П-АГС	А, В, С, Е	Аммофос	Ленинск-Кузнецкий завод шахтно-пожарного оборудования
П-ФКЧС-2	В, С, Е	Бикарбонат натрия	ЗАО “ФК”, г. Буй
Вексон ВС-30	В, С, Е	Бикарбонат натрия	
Вексон ВС-60	В, С, Е	Бикарбонат натрия	
Вексон ВС-90	В, С, Е	Бикарбонат натрия	
ИСТО-1	А, В, С, Е	Аммофос	ЗАО “Источник Плюс”, г. Бийск.
Феникс АВС-40	А, В, С, Е	Аммофос	ЗАО “Каланча”, г. Сергиев Посад
Феникс АВС-70	А, В, С, Е	Аммофос	
FUREX ABC STANDART	А, В, С, Е	Моноаммонийфосфат	Фирма Caldic Deutschland GmbH & Co. KG, Германия
ПО-ПТМ	А, В, С, Е	Аммофос	ООО “Пожтехмаркет”, г. Мытищи
Волгалит-АВС	А, В, С, Е	Аммофос	ЗАО “В.В.П.”, г. Нижний Новгород
Ammonium Phosphate Powders	А, В, С, Е	Моноаммонийфосфат	Suzhou Wuyue Synthetic Chemical Factory, Китай
Sodium Bicarbonate Powders	В, С, Е	Бикарбонат натрия	
Elinex ABC Powders	А, В, С, Е	Моноаммонийфосфат	Kidron Industrial Materials Ltd., Израиль
Elinex BC Powders	В, С, Е	Бикарбонат натрия	
Elinex D Powders	D	Хлорид натрия (калия)	
ABC Favorit Euronorm	А, В, С, Е	Моноаммонийфосфат	RÜHL FEUERLÖSCHMITTEL GmbH, Германия
BC Jet	В, С, Е	Бикарбонат натрия	
Favorit M	D	Хлорид калия	

ющую способность. Поэтому необходимо отметить и такое важное свойство огнетушащих порошков класса АВС, как содержание в их химическом составе основного вещества (фосфатов аммония), ответственных за огнетушащую способность. Данный показатель косвенно определяется и из названия марки огнетушащего порошка (Феникс АВС-40, Вексон АВС-25 и т.д.), в пересчете на P_2O_5 он колеблется от 12 до 49%. Соответственно, в определенной мере должны различаться их огнетушащая способность и себестоимость производства.

Известно, что средства порошкового пожаротушения различаются по принципу своего действия, режиму подачи огнетушащего порошка в очаг пожара. Поэтому для различных приборов порошкового пожаротушения целесообразно использовать порошки с определенными характеристиками. Так,

при движении порошков по трубопроводам необходимо использовать порошки с относительно крупными частицами и высокими показателями текучести. В импульсных же установках, в конструкции которых отсутствуют системы трубопроводов, оптимальными будут являться порошки с более высокой дисперсностью; в ручных порошковых огнетушителях, пожарных автомобилях порошкового тушения целесообразно применять порошки, содержащие в своем составе низкое количество фосфорных солей и, соответственно, имеющие меньшую стоимость. Этот их “недостаток” будет компенсироваться искусством оператора, использующего данное средство пожаротушения. В автоматических же установках очень большое значение имеет надежность тушения пожара без участия человека. Следовательно, в таких средствах необхо-

димо применять порошки с высоким содержанием фосфорных солей и, соответственно, обладающие высокой ингибирующей способностью. Однако научного обоснования требований к характеристикам огнетушащих порошковых составов (ОПС), которые наиболее оптимально использовать в определенных средствах подачи порошков, в изученной литературе не встречалось.

Таким образом, потребители огнетушащих порошков, не имея в настоящее время инструмента оценки оптимального применения той или иной марки огнетушащего порошка, зачастую находятся в затруднительном положении. Они вынуждены самостоятельно проводить исследования для создания новых композиций применительно к своим изделиям или руководствоваться только ценой огнетушащего порошка, что не всегда отвечает требованиям надежности тушения.

Анализ нормативной базы. Многие проблемы, поднятые выше, кроются в недостаточности нормативной базы. Так, стандартом [17] определены показатели технологических и эксплуатационных характеристик огнетушащих порошков, а также методы их определения. На основании этого стандарта разработаны нормы пожарной безопасности, регламентирующие требования к огнетушащим порошкам общего [18] и специального [19] назначения. Согласно положениям этих документов, основной показатель огнетушащих порошковых составов — огнетушащая эффективность — определяется при тушении модельных очагов пожара из огнетушителя. Однако параметры истечения порошковой струи из огнетушителя и модулей порошкового пожаротушения (давление выброса, начальная скорость) существенно различаются. Следовательно, при использовании огнетушащего порошка в автоматических установках данный метод проверки его огнетушащей способности может не дать объективных результатов. Методик испытания огнетушащих порошков применительно к автоматике в нормативной базе нет.

Требования к автоматическим установкам порошкового пожаротушения прописаны в документах [21, 22]. В стандарте [21] даны определения основных терминов, касающихся установок порошкового пожаротушения, классификация автоматических установок порошкового пожаротушения, а также их номенклатура и применяемость основных показателей. В нормах [22] отражены также определения специальных терминов, классификация модулей, технические требования к ним и методики огневых испытаний модулей.

В связи с появлением в настоящее время и успешным распространением установок порошко-

вого пожаротушения назрела необходимость научного обоснования изменений, регламентирующих испытания огнетушащих порошков применительно к автоматическим установкам, и их внесения в нормативные документы. Так, в методиках огневых испытаний [22] импульсных систем необходимо обращать внимание на такой показатель, как время свободного горения очага, для создания условий возможности повторного воспламенения от нагретых конструкций. Применительно к модулям кратковременного действия данный момент имеет меньшее значение, так как время подачи огнетушащего порошка составляет от 5 до 25 с, что бывает достаточным для тушения в первые 2–8 с и последующего охлаждения объекта защиты в остальное время. Как известно, в импульсных модулях время истечения порошка составляет менее 1 с.

Таким образом, при испытаниях горение может быть ликвидировано, однако концентрация порошка в камере может опуститься ниже огнетушащей еще до того, как противень охладится до температуры ниже температуры самовоспламенения используемой ГЖ (ЛВЖ). В этом случае возможно повторное воспламенение. Такая ситуация будет противоречить ГОСТ [23], где сказано, что тушение пожара — это процесс воздействия сил и средств, а также использование методов и приемов для ликвидации пожара; ликвидация пожара — это действия, направленные на окончательное прекращение горения, а также на исключение возможности его повторного возникновения. *Данная гипотеза может быть подтверждена либо опровергнута при проведении полигонных экспериментов с использованием импульсных порошковых модулей. При их осуществлении предполагается временное измерение концентрации огнетушащего порошка в объеме испытательной камеры, а также измерение температуры среды над модельным очагом пожара. Таким образом, возможно определение продолжительности поддержания огнетушащей концентрации порошка над очагом пожара.*

В документе [22] сказано, что при огневых испытаниях модельные очаги пожара могут располагаться произвольно. Однако в этом случае существует вероятность их попадания под прямое действие струи огнетушащего порошка. Как уже упоминалось ранее, при импульсном внесении огнетушащего состава в очаг горения, помимо обычного тушащего воздействия, масса огнетушащего состава дополнительно усиливает это воздействие за счет своих кинетических параметров [24]. В реальной же ситуации загорание может возникнуть в любой точке защищаемой поверхности. В данном случае для исключения искажения объективных результатов возможно использование требований ки-

тайского стандарта [25]: модельные очаги пожара размещать в местах, где они не будут подвергаться непосредственному попаданию струи порошка.

В заключение необходимо сказать следующее:

1. В настоящее время имеется широкий выбор огнетушащих порошков как российского, так и зарубежного производства.

2. Огнетушащие порошки значительно различаются по своим характеристикам, что не позволяет потребителям в связи с отсутствием требований к огнетушащим порошкам применительно к сфере

их использования (ручные огнетушители или автоматические установки) правильно сделать наилучший выбор.

3. Необходимо разработать методики по оценке эффективности огнетушащих порошков применительно к автоматическим системам и внести их в соответствующие нормативные документы.

4. В автоматических системах порошкового пожаротушения должны использоваться огнетушащие порошки, изготовленные с учетом особенностей работы конкретного типа установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rosser W., Jnami S., Wise H. // Comb. Flame. — 1963. — V. 7. — P. 103.
2. **Краснянский, М. Е.** Порошковая пожаровзрывозащита / М. Е. Краснянский. — Донецк, 1994. — 152 с.
3. Burke R., Van-Tuggelen A. // Bull. Soc. Chim. Belge. — 1965. — V. 74. — P. 26.
4. **Баратов, А. Н.** Горючесть веществ и химические средства пожаротушения / А. Н. Баратов [и др.]. — М.: ВНИИПО, 1974. — Вып. 2. — С. 4.
5. Hofman W. // Chem. Ind. Tech. — 1971. — Bd. 43. — S. 556.
6. Birchall Y. // Comb. Flame. — 1970. — V. 14. — P. 85.
7. **Соболев, В. А.** Структурный фактор ингибирования реакций горения неорганическими веществами / В. А. Соболев // Горение гетерогенных и газовых систем: Материалы IX Всесоюзного симпозиума. — М., 1989. — С. 90.
8. **Ewing, G. T.** Свидетельства в пользу теплового механизма тушения пламени / G. T. Ewing, F. R. Fatch // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. — 1990 — Вып. 3. — С. 81–84.
9. Научно-технический прогресс в пожарной охране / Под ред. Д. И. Юрченко. — М.: Стройиздат, 1987. — С. 147–159.
10. **Kokkala, M.** Может ли быть механизм тушения огня с помощью порошков и галонов основан на охлаждении / M. Kokkala // Palontorintteknikka. — 1987. — V. 17–3. — P. 88–89.
11. **Ewing, C. T.** Факты в пользу теплового механизма прекращения пламенного горения / C. T. Ewing, E. R. Faith // Fire Technol. — 1989. — V. 25–3. — P. 195–212.
12. **Волкова, В. К.** Лабораторная установка для исследования огнетушащей эффективности порошковых составов / В. К. Волкова, Л. П. Вогман, В. Г. Михайлов [и др.] // Пожарная техника и тушение пожаров. — М.: ВНИИПО, 1974. — Вып. 12. — С. 74–77.
13. **Губин, Е. И.** Ингибирование газовых пламен порошковыми составами / Е. И. Губин, И. Г. Дик, А. Ю. Крайнов // Физика горения и взрыва. — 1989. — № 2. — С. 57–62.
14. **Баратов, А. Н.** Огнетушащие порошковые составы / А. Н. Баратов, Л. П. Вогман. — М.: Стройиздат, 1982. — 72 с.
15. **Пащенко, А. А.** Гидрофобизация / А. А. Пащенко, М. Г. Воронков, Л. А. Михайленко [и др.]. — Киев: Наукова думка, 1973. — 246 с.
16. Гидрофобизация огнетушащих порошков: Обзорная информация. — М.: ВНИИПО, 1983. — Вып. 6/82. — 16 с.
17. ГОСТ 26952–86. Порошки огнетушащие. Общие технические требования и методы испытаний.
18. НПБ 170–98. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования. Методы испытаний.
19. НПБ 174–98. Порошки огнетушащие специального назначения. Общие технические требования. Методы испытаний. Классификация.
20. **Ксандопуло, Г. И.** Химия газозащитного горения / Г. И. Ксандопуло, В. В. Дубинин. — М.: Химия, 1987. — 240 с.
21. ГОСТ Р 51091–97. Установки порошкового пожаротушения автоматические. Типы и основные параметры.
22. НПБ 67–98. Установки порошкового пожаротушения автоматические. Модули. Общие технические требования. Методы испытаний.
23. ГОСТ 12.1.033–81. Пожарная безопасность. Термины и определения.
24. **Подгайный, В. П.** Экспериментальное исследование закономерностей тушения горючих веществ и материалов огнетушащими порошками / В. П. Подгайный, И. И. Зозуля, Н. И. Копыльный [и др.] // Пожаротушение. — М.: ВНИИПО, 1986. — С. 170–180.
25. Мелкодисперсный порошковый огнетушащий реагент. Общеотраслевой стандарт КНР GA 578–2005.

Поступила в редакцию 22.11.07.



Издательство ООО “Издательство “Пожнаука”
109052, г. Москва, ул. Смирновская, д. 1А
(495) 662-69-70, 662-69-71
e-mail: 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. 1 комплект (журнал + приложение) I-го полугодия 2008 г.	420
Полугодовая подписка на комплект 2008 г.	1260
Годовая подписка на комплект 2008 г.	2520
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” (архив на CD-диске), номера за 2002–2004 гг.	204
Стоимость электронной версии одного журнала	
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” с приложением “Пожарная безопасность в строительстве” (архив на CD-диске), номера 2005 г.	324
Стоимость электронной версии одного комплекта	
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” с приложением “Пожарная безопасность в строительстве” (архив на CD-диске), номера 2006 г.	349
Стоимость электронной версии одного комплекта	
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. Пилюгин. 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. Грушкин. 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. Терехнёв. 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. Терехнёв, Н. С. Артемьев, А. И. Думилин. Жилые и общественные здания и сооружения: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2006. — 352 с.	320
В. В. Терехнёв, Н. С. Артемьев, В. А. Грачёв, А. В. Подгрушный. Промышленные здания и сооружения: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2006. — 370 с.	320
В. В. Терехнёв, Н. С. Артемьев, А. В. Подгрушный. Здания повышенной этажности: Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2006. — 240 с.	300
В. В. Терехнёв, 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. Собрурь. Заполнение проемов в противопожарных преградах: Справочник. — М.: ПожКнига, 2006. — 187 с.	90
С. В. Собрурь. 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>	
<p>О. С. Ефремова. Организация безопасной эксплуатации зданий и сооружений. — М.: Альфа-Пресс, 2007. — 184 с.</p> <p>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.</p>	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 почте: 109052, г. Москва, ул. Смирновская, д. 1А;
- ✓ по тел./факсу: (495) 662-69-70, 662-69-71 (многоканальные);
- ✓ по e-mail: firescience@pisem.net;
- ✓ <http://www.firepress.ru>

Название организации, реквизиты (ИНН/КПП обязательно)	ВНИМАНИЮ ЗАКАЗЧИКОВ! <u>Электронные версии высылаются по электронной почте!</u>
Наименование и количество заказываемой литературы (электронных версий)	
Вид доставки <ul style="list-style-type: none"> • самовывоз • почтовая (+20% от стоимости заказа) 	
Почтовый адрес, тел./факс, контактное лицо, e-mail	

ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ!

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

Стоимость подписки на полугодие — 1260 руб., 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-Прессс XXI” и ООО “Информ-наука”.

Контактные телефоны:

(495) 662-69-70, 662-69-71 (многоканальные)

E-mail: firescience@pisem.net

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



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
УЧЕБНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР**

Тел./факс: (495) 662-69-70, 662-69-71
Наш сайт: www.mgsu.ru, рубрика “Образование.
Дополнительное профессиональное образование.
Учебный центр Института инженерной безопасности
в строительстве МГСУ”
E-mail: firescience@pisem.net

Лицензии:
Федеральной службы по надзору
в сфере образования и науки РФ
от 29.03.2005 г.;
ГУ ГПС МЧС РФ № 1/01061
от 21.05.2003 г.

Профессиональная переподготовка специалистов предприятий и организаций по программам дополнительного профессионального образования на основании установленных квалификационных требований по должностям:

**Инженер (техник) по специальности 330400 “Пожарная безопасность”
(550 часов – 6 месяцев)**

Изучаемые дисциплины:

- Пожар. Пожарная безопасность
- Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов
- Средства пожаротушения
- Пожаровзрывобезопасность технологических процессов
- Пожарная опасность электроустановок
- Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре
- Прогнозирование опасных факторов пожара
- Противопожарное водоснабжение
- Производственная и пожарная автоматика
- Огнезащита строительных материалов и конструкций

**Инженер (техник) по специальности 330500 “Безопасность
технологических процессов и производств” (510 часов – 6 месяцев)**

Изучаемые дисциплины:

- Общие вопросы охраны труда
- Производственная санитария
- Техника безопасности
- Пожаровзрывобезопасность

Форма обучения — заочная с применением дистанционных образовательных технологий.

Базовый уровень образования — высшее или среднее специальное.

Обучение проводится по индивидуальному графику.

Стоимость переподготовки — 35000 руб. (НДС не облагается).

По окончании обучения выдается диплом государственного образца о профессиональной переподготовке, который дает право на ведение профессиональной деятельности в определенной сфере.

ВТОРОЕ ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

**Инженер по специальности 330400 “Пожарная безопасность”
(срок обучения — 3,5 года)**

Программа обучения составлена с учетом современных требований к данной специальности. Включает в себя помимо общих дисциплин все основные аспекты пожарной безопасности, особое внимание уделяется аспектам пожарной безопасности в строительстве:

- Теория горения и взрыва
- Пожаровзрывобезопасность технологических процессов и оборудования
- Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре
- Взрывозащита зданий
- Системы охранной и охранно-пожарной сигнализации

- Системы автоматического пожаротушения
- Моделирование развития пожаров в зданиях и прогнозирование опасных факторов пожара
- Эвакуация людей при пожаре

Программа и форма обучения корректируются индивидуально в зависимости от базового уровня образования отдельных слушателей и успешности выполнения ими учебного плана.

Формы обучения: очно-заочная; заочная с применением дистанционных образовательных технологий.

Стоимость обучения — 40000 рублей в год.

ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ для руководителей и специалистов, работающих в сфере обеспечения пожарной безопасности и охраны труда —

72 часа (с выдачей удостоверения государственного образца сроком на 5 лет)

- | | |
|---|------------|
| • Пожарная безопасность объектов | 9800 руб. |
| • Пожарная безопасность образовательных учреждений | 9800 руб. |
| • Пожарная безопасность предприятий нефтегазового комплекса | 15000 руб. |
| • Расчет сметной стоимости в составе проектной документации | 9800 руб. |
| • Управление охраной труда на предприятии | 9800 руб. |

ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ для руководителей и специалистов по пожарной безопасности и охране труда —

40 часов (с выдачей удостоверения сроком на 3 года)

- | | |
|-------------------------------|-----------|
| • Пожарно-технической минимум | 4100 руб. |
| • Охрана труда | 4100 руб. |

ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ для руководителей и специалистов, работающих в сфере обеспечения пожарной безопасности и охранных систем —

72 часа (с выдачей удостоверения государственного образца сроком на 5 лет)

- | | |
|--|------------|
| • Проектирование автоматических установок пожаротушения | 9800 руб. |
| • Монтаж и эксплуатация автоматических установок пожаротушения | 9800 руб. |
| • Проектирование пожарной сигнализации | 9800 руб. |
| • Монтаж и эксплуатация пожарной сигнализации | 9800 руб. |
| • Проектирование охранной и пожарно-охранной сигнализации | 11300 руб. |
| • Монтаж и эксплуатация охранной и охранно-пожарной сигнализации | 11300 руб. |
| • Проектирование средств и систем охраны | 11300 руб. |
| • Монтаж и эксплуатация средств и систем охраны | 11300 руб. |
| • Проектирование, монтаж и эксплуатация автоматических установок пожаротушения | 12700 руб. |
| • Проектирование, монтаж и эксплуатация пожарной сигнализации | 12700 руб. |
| • Проектирование, монтаж и эксплуатация охранной и охранно-пожарной сигнализации | 14700 руб. |
| • Проектирование, монтаж и эксплуатация средств и систем охраны | 14700 руб. |
| • Системы охранного телевидения | 15500 руб. |
| • Огнезащита строительных материалов и конструкций | 9300 руб. |

Возможно проведение занятий на базе предприятий и организаций как в г. Москве, так и в регионах Российской Федерации:

- по вышеперечисленным программам УВЦ ИИБС МГСУ;
- по индивидуальным программам, согласованным с предприятиями с учетом специфики их деятельности.

Начальник Учебно-выставочного центра — Ишунькин Александр Иванович
Оформление договоров — Мельник Татьяна Ивановна



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.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

- Абакумов Е. С.** см. Пузач С. В.
- Абрамов Ю. А., Басманов А. Е.** Минимизация ущерба при пожаре в резервуарных парках, №4, 59
- Абрамов Ю. А., Басманов А. Е.** Нагрев резервуара с нефтепродуктом под тепловым воздействием пожара, №3, 36
- Абрамов Ю. А., Басманов А. Е.** Стохастическая модель нагрева резервуара с нефтепродуктом под тепловым воздействием пожара, №4, 37
- Агаларова С. М.** см. Сабинин О. Ю.
- Андреев А. П.** см. Тощев Н. А.
- Андреев А. С.** Как выбрать электромагнит для системы пожарной автоматики, №4, 4
- Андреев В. В.** см. Горячева М. Н.
- Андрианова Г. П.** см. Нечаева Н. Н.
- Анненков В. В.** см. Шеков А. А.
- Артамонов В. С., Погорельская К. В., Таранцев А. А.** Методика определения рационального числа операторов и линий связи центра управления силами федеральной противопожарной службы, №6, 4
- Артемов Н. С., Подгрушный А. В., Опарин Д. Е.** Коэффициент разрушения воздушно-механической пены средней кратности при тушении жидкости в резервуаре, №1, 82
- Артемов Н. С., Подгрушный А. В., Опарин Д. Е.** Скорость продвижения воздушно-механической пены по поверхности нефтепродукта, №1, 76
- Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б., Кулаков В. С., Крашенинникова Н. Н., Сахаров А. М., Сахаров П. А.** Эффективность и механизм действия двух огнезащитных систем для древесины, №5, 23
- Афанасьев А. А.** см. Карпышев А. В.
- Афанасьев К. А.** см. Святенко И. Ю.
- Афанасьев С. В., Коротков Р. В., Кузьмин И. В., Триполицын А. А.** Исследование эффективности огнезащитных составов на основе амидофосфата, №3, 28
- Афанасьев С. В., Коротков Р. В., Старков Н. Н., Триполицын А. А.** Состав для пожаротушения, №5, 61

Б

- Балакин В. М., Литвинцев Ю. И., Полищук Е. Ю., Рукавишников А. В.** Изучение огнезащитной эффективности азотфосфорсодержащих составов для древесины, №5, 39
- Баранов А. В.** см. Тычино Н. А.

- Барботько С. Л.** Моделирование процесса горения материалов при испытаниях по оценке тепловыделения, №3, 10
- Барботько С. Л.** Оценка погрешностей математической модели тепловыделения при горении полимерных материалов, №5, 19
- Барботько С. Л., Вольный О. С., Изотова Т. Ф.** Математическое моделирование тепловыделения при горении полимерных композиционных материалов разной толщины, №4, 16
- Барг М. А.** см. Поландов Ю. Х.
- Басманов А. Е.** см. Абрамов Ю. А.
- Батманов С. В.** см. Швырков С. А.
- Бахарев К. С., Гусев Н. Н., Малыгин И. Г.** Проблемные вопросы создания региональной информационной системы мониторинга гидротехнических сооружений, объектов водозабора и водочистки, №3, 48
- Богданов А. В., Краснов А. В.** Информационная система обеспечения безопасности крупных музейных комплексов, №1, 68
- Бочкарев А. Н.** см. Зубков Б. В.
- Бузюк В. В.** см. Воевода С. С.
- Букин А. С.** см. Смирнов М. С.
- Буцынская Т. А.** см. Демехин Ф. В.

В

- Васин А. Я., Райкова В. М.** О влиянии химического строения органических веществ на взрывоопасность пылей, №1, 14
- Власенко С. А.** см. Поландов Ю. Х.
- Воевода С. С.** см. Тощев Н. А.
- Воевода С. С., Крейтор В. П., Бузюк В. В.** Анализ механизма тушения пожара в задымленной насосной пеной высокой кратности, №4, 76
- Воевода С. С., Крейтор В. П., Бузюк В. В.** Тушение углеводородов пленкообразующими пенами, №5, 71
- Воевода С. С., Макаров С. А., Маркеев В. А., Шароварников А. Ф.** Математическое моделирование процесса тушения евротоплив фторсинтетической пеной, №1, 78
- Воевода С. С., Макаров С. А., Маркеев В. А., Шароварников А. Ф.** Обоснование комплексной противопожарной защиты резервуарного парка для хранения углеводородных топлив единым пленкообразующим пенообразователем, №1, 32
- Воевода С. С., Маркеев В. А., Маркеев А. В.** Влияние состава углеводородного топлива и жесткости воды на коллоидно-химические характери-

стики раствора пленкообразующего пенообразователя, №3, 63

Волков О. С. см. Святенко И. Ю.

Вологжанин О. Ю. см. Ильин В. В.

Воробьев В. В. см. Швырков С. А.

Воробьев Н. С. см. Пузач С. В.

Вшивков С. А., Пазникова С. Н., Русинова Е. В. Фазовые диаграммы систем полиметилметакрилат – антипирены и термодинамическая совместимость компонентов, №1, 29

Вшивков С. А., Пазникова С. Н., Русинова Е. В., Евтюхов С. А. Изучение фазового равновесия методом рефрактометрии и определение вторых вириальных коэффициентов системы полимер – антипирен, №4, 34

Вшивков С. А., Пазникова С. Н., Русинова Е. В., Евтюхов С. А. Фазовое равновесие и структура системполиметилметакрилат – антипирены класса фосфатов, №5, 34

Г

Гайдарова Л. Л. см. Нечаева Н. Н.

Герасимова И. Н. см. Тощев Н. А.

Горлач П. Г. см. Рудниченко В. А.

Горностаев Р. П. см. Пузач С. В.

Горячев С. А. см. Швырков С. А.

Горячева М. Н., Пузач С. В., Андреев В. В. Изучение динамики задымления в помещении, №6, 25

Горячева М. Н., Пузач С. В., Андреев В. В. Расчет коэффициента теплопотерь при определении критической продолжительности пожара в помещении, №6, 21

Григорьев А. И., Подгрушный А. В. Задача управления риском в регионе, №2, 27

Гудков А. С. см. Святенко И. Ю.

Гусев Н. Н. Автоматизация систем контроля взрывобезопасности зданий и сооружений опасных производственных объектов и гидротехнических сооружений, №2, 22

Гундар С. В., Денисов А. Н. О кодексе управления пожарами, №5, 10

Гусев Н. Н. см. Бахарев К. С.

Д

Даниловцева Е. Н. см. Шеков А. А.

Демехин Ф. В., Буцынская Т. А., Журавлев С. Ю. Повышение достоверности обнаружения пожара на промышленных объектах, №4, 69

Денисов А. Н. см. Гундар С. В.

Денисов А. Н. см. Подгрушный А. В.

Дмитриева Ю. Н. см. Еремина Т. Ю.

Дровникова И. Г. см. Членов А. Н.

Дудунов А. В. см. Казиев М. М.

Думилин А. И. см. Коробко В. Б.

Думилин А. И. см. Красавин А. В.

Душкин А. Л. см. Карпышев А. В.

Е

Евтюхов С. А. см. Вшивков С. А.

Егоров А. Н. см. Шеков А. А.

Еремина Т. Ю., Крашенинникова М. В., Дмитриева Ю. Н., Семенов Д. С. Нормируемые требования к качеству огнезащитных покрытий при сдаче строительных объектов и применение методов термического анализа для прогнозирования долговечности покрытий, №5, 31

Еремина Т. Ю., Петренко С. А. Проектирование противопожарной защиты уникальных и технически сложных объектов при разработке специальных технических условий, №5, 54

Есин В. М., Калмыков С. П. Обоснование основных параметров, обеспечивающих эффективную работу системы дымоудаления и вентиляции автостоянки закрытого типа при помощи струйных вентиляторов, №3, 54

Ж

Жуйков Д. А. см. Каришин А. В.

Жуйков Д. А. см. Старков Н. Н.

Журавлев С. Ю. см. Демехин Ф. В.

З

Заятдинов О. М., Чернов Ю. Л. Обеспечение пожарной безопасности эксплуатируемых зданий в регионах Сибири и Дальнего Востока, №4, 44

Зенков А. С. см. Зубков Б. В.

Зубков Б. В., Бочкарев А. Н. Комплексные методы и средства против угрозы актов незаконного вмешательства на объектах воздушного транспорта, №4, 49

Зубков Б. В., Бочкарев А. Н., Зенков А. С. Комплексная система обеспечения транспортной взрывобезопасности, №6, 34

И

Ильин В. В., Рыбаков А. П., Вологжанин О. Ю. К вопросу о протекании взрывных процессов при хранении групп боеприпасов и возможности прогнозирования их последствий, №1, 35

К

Казиев М. М., Дудунов А. В. Огнестойкие светопрозрачные конструкции, №2, 53

Калмыков С. П. Численное моделирование работы системы струйной вентиляции закрытой автостоянки, №1, 58

Калмыков С. П. см. Есин В. М.

Карасев Е. В. Защита от последствий пожара. Декларированная функция или обязанность государства?, №5, 3

Каришин А. В., Царев А. М., Жуйков Д. А., Яковлев Г. Г. Решение проблемы эффективности тушения пожаров с применением стволовых установок контейнерной доставки огнетушащих веществ, №3, 72

Каришин А. В. см. Ширчков Н. В.

Карнаухов Г. М. Анализ влияния дискретности чувствительного элемента многоточечных пожарных извещателей на их обнаруживающую способность, №1, 72

Карпов С. Ю. Применение специальных знаний при выяснении обстоятельств административных правонарушений в области пожарной безопасности, №2, 39

Карпышев А. В., Душкин А. Л., Рязанцев Н. Н., Афанасьев А. А., Матушкин В. В., Сегаль М. Д. Разработка высокоэффективного универсального огнетушителя на основе генераций струй тонкораспыленных огнетушащих веществ, №2, 69

Коваль М. С. см. Ощиповский В. В.

Козлов В. А. см. Сабиров У. Н.

Коробко В. Б., Красавин А. В., Думилин А. И., Красильников Н. А. Анализ и совершенствование государственной экспертизы проектной документации на соответствие требованиям пожарной безопасности, №1, 41

Корольченко А. Я. см. Трушкин Д. В.

Корольченко Д. А. Современные биоремедиационные технологии, №5, 75

Коротков Р. В. см. Афанасьев С. В.

Красавин А. В., Думилин А. И., Красильников Н. А. Система независимой оценки рисков — новый механизм регулирования вопросов безопасности в Российской Федерации, №2, 34

Красавин А. В., Красавина Т. С., Красильников Н. А., Думилин А. И. Российская система нормирования в строительстве. Быть или не быть?, №4, 10

Красавин А. В. см. Коробко В. Б.

Красавина Т. С. см. Красавин А. В.

Красильников Н. А. см. Коробко В. Б.

Красильников Н. А. см. Красавин А. В.

Краснов А. В. см. Богданов А. В.

Крашенинникова Н. Н. см. Асеева Р. М.

Крашенинникова М. В. см. Еремина Т. Ю.

Крейтор В. П. см. Воевода С. С.

Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Воспламенение пожароопасной жидкости одиночной “горячей” частицей, №6, 13

Кузнецов К. Л., Удилов В. П., Тимохин Б. В., Малышева С. Ф., Плотникова Г. В. Снижение горючести поливинилхлоридных пластизолов новыми фосфорсодержащими антипиренами, №1, 26

Кузьмин И. В. см. Афанасьев С. В.

Кулаков В. С. см. Асеева Р. М.

Л

Ландышев Н. В. Идентификация людьми, находящимися в здании, звукового сигнала о пожаре — важный принцип построения систем оповещения, №2, 56

Лебедченко О. С. см. Пузач С. В.

Литвинец Ю. И. см. Балакин В. М.

Логвиненко В. М. см. Ощиповский В. В.

М

Макаров С. А. см. Воевода С. С.

Малыгин И. Г. см. Бахарев К. С.

Малышева С. Ф. см. Кузнецов К. Л.

Маркеев А. В. см. Воевода С. С.

Маркеев В. А. см. Воевода С. С.

Матушкин В. В. см. Карпышев А. В.

Маханькова Н. В. Совершенствование подготовки кадров на основе современных информационных технологий, №2, 45

Мельников А. С., Страхов В. Л. Уточненная математическая модель работы вспучивающейся огнезащиты на минеральной основе, №4, 26

Мешалкин Е. А. Фасадные системы: тенденции применения и пожарная опасность, №2, 12

Минервин В. В. см. Сабиров У. Н.

Мирзаянц А. В. Информационно-управляющий модуль быстродействующей автоматизированной системы пожарозрывозащиты высокорисковых объектов, №2, 67

Н

Нечаева Н. Н., Гайдарова Л. Л., Андрианова Г. П., Фомина О. А. Защитное покрытие для снижения пожароопасности искусственной кожи, №2, 49

О

Овсяник А. И., Седнев В. А. Методология обоснования инженерно-технических мероприятий предупреждения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и оценки их эффективности, №4, 53

Опарин Д. Е. см. Артемьев Н. С.

Орлова О. Н. Подготовка кадрового состава, отвечающего предъявляемым требованиям и обеспечивающего наилучший результат при выполнении задач, поставленных перед Министерством МЧС России, №6, 10

Ощиповский В. В., Коваль М. С., Логвиненко В. М., Поцюрко О. Ю. Логика как необходимый элемент в подготовке спасателей, №5, 6

П

- Пазникова С. Н.** см. Вшивков С. А.
- Панов М. Я., Петров Ю. Ф., Щербаков В. И.** Моделирование потокораспределения в области оперативного управления системами водоснабжения в режиме пожаротушения, №6, 58
- Петренко С. А.** см. Еремина Т. Ю.
- Петров Ю. Ф.** см. Панов М. Я.
- Плотникова Г. В.** см. Кузнецов К. Л.
- Погорельская К. В.** см. Артамонов В. С.
- Подгрушный А. В., Денисов А. Н., Хонг Ч. Д.** Современные проблемы тушения пожаров в зданиях повышенной этажности и высотных зданиях, №6, 53
- Подгрушный А. В., Хонг Ч. Д.** Исследования по спасанию людей из зданий повышенной этажности при пожарах, №4, 66
- Подгрушный А. В.** см. Артемьев Н. С.
- Подгрушный А. В.** см. Григорьев А. И.
- Подгрушный А. В.** см. Хонг Ч. Д.
- Подзирей Ю. С.** Аэромобильное противопожарное средство для высотных объектов, №5, 64
- Поландов Ю. Х., Барг М. А., Власенко С. А.** Моделирование процесса горения газовой смеси методом крупных частиц, №3, 6
- Полищук Е. Ю.** см. Балакин В. М.
- Поцюрко О. Ю.** см. Ощапковский В. В.
- Пузач С. В., Абакумов Е. С.** Модифицированная зонная модель расчета тепломассообмена при пожаре в атриуме, №1, 53
- Пузач С. В., Горностаев Р. П.** Некоторые особенности тепломассообмена при мгновенном вскрытии проема в помещении при пожаре, №3, 43
- Пузач С. В., Лебедченко О. С., Воробьев Н. С.** Модельная задача определения коэффициентов участия водорода в горении и взрыве, №5, 16
- Пузач С. В.** см. Горячева М. Н.

Р

- Радченко А. П.** см. Старков Н. Н.
- Разанов М. Р., Топольский Н. Г.** К вопросу анализа риска на объектах топливно-энергетического комплекса, №2, 29
- Райкова В. М.** см. Васин А. Я.
- Родичев А. Ю., Таранцев А. А.** Об учете усталостных явлений при движении людского потока, №1, 50
- Ройтман В. М.** Нормирование защиты высотных зданий от прогрессирующего разрушения при комбинированных особых воздействиях, №2, 6
- Россиев М. В.** см. Старков Н. Н.
- Рудниченко В. А., Горлач П. Г.** Применение вейвлет-преобразования для повышения уровня радиационной безопасности, №5, 50

- Рукавишников А. В.** см. Балакин В. М.
- Русинова Е. В.** см. Вшивков С. А.
- Рыбаков А. П.** см. Ильин В. В.
- Рязанцев Н. Н.** см. Карпышев А. В.

С

- Сабинин О. Ю., Агаларова С. М.** Огнетушащие порошки. Проблемы. Состояние вопроса, №6, 63
- Сабиров У. Н., Фомин В. И., Минервин В. В., Козлов В. А.** Математическая модель развития пожара на открытом пространстве при горении жидкости, №2, 58
- Сахаров А. М.** см. Асеева Р. М.
- Сахаров П. А.** см. Асеева Р. М.
- Святенко И. Ю., Волков О. С., Гудков А. С., Афанасьев К. А.** К анализу информационных потоков в системах мониторинга инженерных сооружений, №2, 19
- Сегаль М. Д.** см. Карпышев А. В.
- Седнев В. А.** см. Овсяник А. И.
- Семенов Д. С.** см. Еремина Т. Ю.
- Серков Б. Б.** см. Асеева Р. М.
- Сивенков А. Б.** см. Асеева Р. М.
- Смирнов М. С., Букин А. С.** Особенности оценки горючести материалов, склонных к тлению, №3, 25
- Солнцев Н. Д.** К вопросу огнестойкости воздуховодов систем противодымной защиты городских автотранспортных тоннелей, №3, 32
- Сорокоумов В. П.** см. Швырков С. А.
- Старков Н. Н., Радченко А. П., Жуйков Д. А.** Пожарная безопасность лифтовых установок, №6, 44
- Старков Н. Н., Россиев М. В.** Концепция создания пожарного робота-разведчика, №5, 68
- Старков Н. Н.** см. Афанасьев С. В.
- Страхов В. Л.** см. Мельников А. С.
- Стрижак П. А.** см. Кузнецов Г. В.
- Субботин А. Н.** Распространение торфяного пожара при разных условиях термомассообмена с внешней средой, №5, 42

Т

- Таранцев А. А.** см. Артамонов В. С.
- Таранцев А. А.** см. Родичев А. Ю.
- Тимохин Б. В.** см. Кузнецов К. Л.
- Топольский Н. Г.** см. Разанов М. Р.
- Тощев Н. А., Андреев А. П., Воевода С. С., Герасимова И. Н.** Механизм тушения пеной горючих жидкостей, воспламеняющихся при контакте с водой, №2, 74
- Тощев Н. А., Андреев А. П., Воевода С. С., Герасимова И. Н.** Тушение гидролизующихся элементоорганических горючих жидкостей пеной, №3, 66

Триполицын А. А. см. Афанасьев С. В.
Трушкин Д. В., Корольченко А. Я. Анализ причин гибели людей на пожаре в торговом центре, №2, 63
Тычино Н. А., Федосенко И. Г., Баранов А. В. Особенности строения и огнебиозащиты археологической древесины, №1, 19

У

Удилов В. П. см. Кузнецов К. Л.

Ф

Федосенко И. Г. см. Тычино Н. А.
Фомин В. И. см. Сабиров У. Н.
Фомина О. А. см. Нечаева Н. Н.

Х

Хой Л. Ш. Обстановка с пожарами и проблемы обеспечения надежности систем противопожарного водоснабжения производственных зданий Вьетнама, №6, 40
Хонг Ч. Д., Подгрушный А. В. Обстановка с пожарами в жилых зданиях крупных городов Вьетнама и краткая характеристика пожарно-спасательных сил, №1, 64
Хонг Ч. Д. см. Подгрушный А. В.
Храмцов С. П. Вода для тушения пожаров, №4, 72

Ц

Царев А. М. см. Каришин А. В.

Ч

Чернов Ю. Л. см. Зяятдинов О. М.
Членов А. Н., Дровникова И. Г. Условия совершенствования профессиональной подготовки специалистов для работы в системе охраны и пожарной безопасности объектов, №4, 6

Ш

Швырков С. А., Горячев С. А., Сорокоумов В. П., Батманов С. В., Воробьев В. В. Статистика квазимгновенных разрушений резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов, №6, 48
Шеков А. А., Анненков В. В., Даниловцева Е. Н., Егоров А. Н. Поливинилхлоридные материалы пониженной горючести на основе кремнистых створок диатомей, №4, 21
Ширчков В. Н. см. Ширчков Н. В.
Ширчков Н. В., Ширчков В. Н., Каришин А. В. Разработка методики испытаний внутреннего монтажа светильников, №6, 28

Щ

Щербаков В. И. см. Панов М. Я.

Я

Яковлев Г. Г. см. Каришин А. В.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ ЗА 2007 г.

Фамилии авторов и названия статей	Номер журнала	Стр.
ЮБИЛЕИ		
Баратов А. Н. (к 80-летию со дня рождения)	4	3
Ройтман В. М. (к 70-летию со дня рождения)	2	4
Юрченко Д. И. (к 70-летию со дня рождения)	2	3
ПРЕДСТАВЛЯЕМ КОМПАНИИ		
Андреев А. С. Как выбрать электромагнит для системы пожарной автоматики	4	4
ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ		
Артамонов В. С., Погорельская К. В., Таранцев А. А. Методика определения рационального числа операторов и линий связи центра управления силами федеральной противопожарной службы	6	4
Гундар С. В., Денисов А. Н. О кодексе управления пожарами	5	10
Карасев Е. В. Защита от последствий пожара. Декларированная функция или обязанность государства.	5	3
Карпов С. Ю. Применение специальных знаний при выяснении обстоятельств административных правонарушений в области пожарной безопасности	2	39
Красавин А. В., Думилин А. И., Красильников Н. А. Система независимой оценки рисков — новый механизм регулирования вопросов безопасности в Российской Федерации	2	34
Красавин А. В., Красавина Т. С., Красильников Н. А., Думилин А. И. Российская система нормирования в строительстве. Быть или не быть?	4	10
Маханькова Н. В. Совершенствование подготовки кадров на основе современных информационных технологий	2	45
Орлова О. Н. Подготовка кадрового состава, отвечающего предъявляемым требованиям и обеспечивающего наилучший результат при выполнении задач, поставленных перед Министерством МЧС России	6	10
Ощеповский В. В., Коваль М. С., Логвиненко В. М., Поцорко О. Ю. Логика как необходимый элемент в подготовке спасателей.	5	6
Постоянно действующий открытый семинар АГПС МЧС РФ “Пожарная безопасность в строительстве”. Отчетная информация по семинару №6: “Добровольная сертификация услуг (работ) систем менеджмента качества в области пожарной безопасности”.	2	47
Членов А. Н., Дровникова И. Г. Условия совершенствования профессиональной подготовки специалистов для работы в системе охраны и пожарной безопасности объектов	4	6
ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ		
Барботько С. Л. Моделирование процесса горения материалов при испытаниях по оценке тепловыделения	3	10
Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Воспламенение пожароопасной жидкости одиночной “горячей” частицей	6	13
Поландов Ю. Х., Барг М. А., Власенко С. А. Моделирование процесса горения газозвдушной смеси методом крупных частиц.	3	6
ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ		
Барботько С. Л. Оценка погрешностей математической модели тепловыделения при горении полимерных материалов	5	19
Барботько С. Л., Вольный О. С., Изотова Т. Ф. Математическое моделирование тепловыделения при горении полимерных композиционных материалов разной толщины	4	16
Васин А. Я., Райкова В. М. О влиянии химического строения органических веществ на взрывоопасность пылей.	1	14

Фамилии авторов и названия статей	Номер журнала	Стр.
Пузач С. В., Лебедченко О. С., Воробьев Н. С. Модельная задача определения коэффициентов участия водорода в горении и взрыве	5	16
Смирнов М. С., Букин А. С. Особенности оценки горючести материалов, склонных к тлению	3	25
Шеков А. А., Анненков В. В., Даниловцева Е. Н., Егоров А. Н. Поливинилхлоридные материалы пониженной горючести на основе кремнистых створок диатомей	4	21

ОГНЕЗАЩИТА

Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б., Кулаков В. С., Крашенинникова Н. Н., Сахаров А. М., Сахаров П. А. Эффективность и механизм действия двух огнезащитных систем для древесины	5	23
Афанасьев С. В., Коротков Р. В., Кузьмин И. В., Триполицын А. А. Исследование эффективности огнезащитных составов на основе амидофосфата	3	28
Балакин В. М., Литвинец Ю. И., Полищук Е. Ю., Рукавишников А. В. Изучение огнезащитной эффективности азотфосфорсодержащих составов для древесины	5	39
Вшивков С. А., Пазникова С. Н., Русинова Е. В. Фазовые диаграммы систем полиметилметакрилат – антипирены и термодинамическая совместимость компонентов	1	29
Вшивков С. А., Пазникова С. Н., Русинова Е. В., Евтюхов С. А. Изучение фазового равновесия методом рефрактометрии и определение вторых вириальных коэффициентов системы полимер – антипирен	4	34
Вшивков С. А., Пазникова С. Н., Русинова Е. В., Евтюхов С. А. Фазовое равновесие и структура систем полиметилметакрилат – антипирены класса фосфатов	5	34
Еремينا Т. Ю., Крашенинникова М. В., Дмитриева Ю. Н., Семенов Д. С. Нормируемые требования к качеству огнезащитных покрытий при сдаче строительных объектов и применение методов термического анализа для прогнозирования долговечности покрытий.	5	31
Кузнецов К. Л., Удилов В. П., Тимохин Б. В., Малышева С. Ф., Плотникова Г. В. Снижение горючести поливинилхлоридных пластизолов новыми фосфорсодержащими антипиренами	1	26
Мельников А. С., Страхов В. Л. Уточненная математическая модель работы вспучивающейся огнезащиты на минеральной основе	4	26
Нечаева Н. Н., Гайдарова Л. Л., Андрианова Г. П., Фомина О. А. Защитное покрытие для снижения пожароопасности искусственной кожи.	2	49
Тычино Н. А., Федосенко И. Г., Баранов А. В. Особенности строения и огнебиозащиты археологической древесины	1	19

ОГНЕСТОЙКОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Казиев М. М., Дудунов А. В. Огнестойкие светопрозрачные конструкции	2	53
Солнцев Н. Д. К вопросу огнестойкости воздуховодов систем противодымной защиты городских автотранспортных тоннелей.	3	32

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЖАРОВ

Абрамов Ю. А., Басманов А. Е. Нагрев резервуара с нефтепродуктом под тепловым воздействием пожара	3	36
Абрамов Ю. А., Басманов А. Е. Стохастическая модель нагрева резервуара с нефтепродуктом под тепловым воздействием пожара	4	37
Горячева М. Н., Пузач С. В., Андреев В. В. Изучение динамики задымления в помещении	6	25
Горячева М. Н., Пузач С. В., Андреев В. В. Расчет коэффициента теплопотерь при определении критической продолжительности пожара в помещении	6	21
Калмыков С. П. Численное моделирование работы системы струйной вентиляции закрытой автостоянки.	1	58
Пузач С. В., Абакумов Е. С. Модифицированная зонная модель расчета тепломассообмена при пожаре в атриуме	1	53
Пузач С. В., Горностаев Р. П. Некоторые особенности тепломассообмена при мгновенном вскрытии проема в помещении при пожаре	3	43

Фамилии авторов и названия статей	Номер журнала	Стр.
Сабилов У. Н., Фомин В. И., Минервин В. В., Козлов В. А. Математическая модель развития пожара на открытом пространстве при горении жидкости	2	58
Субботин А. Н. Распространение торфяного пожара при разных условиях термомассообмена с внешней средой	5	42
ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ		
Ширчков Н. В., Ширчков В. Н., Каришин А. В. Разработка методики испытаний внутреннего монтажа светильников.	6	28
ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ		
Рудниченко В. А., Горлач П. Г. Применение вейвлет-преобразования для повышения уровня радиационной безопасности	5	50
ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ОБЪЕКТОВ		
Абрамов Ю. А., Басманов А. Е. Минимизация ущерба при пожаре в резервуарных парках.	4	59
Бахарев К. С., Гусев Н. Н., Малыгин И. Г. Проблемные вопросы создания региональной информационной системы мониторинга гидротехнических сооружений, объектов водозабора и водоочистки	3	48
Воевода С. С., Макаров С. А., Маркеев В. А., Шароварников А. Ф. Обоснование комплексной противопожарной защиты резервуарного парка для хранения углеводородных топлив единым пленкообразующим пенообразователем	1	32
Григорьев А. И., Подгрушный А. В. Задача управления риском в регионе	2	27
Гусев Н. Н. Автоматизация систем контроля взрывобезопасности зданий и сооружений опасных производственных объектов и гидротехнических сооружений	2	22
Есин В. М., Калмыков С. П. Обоснование основных параметров, обеспечивающих эффективную работу системы дымоудаления и вентиляции автостоянки закрытого типа при помощи струйных вентиляторов.	3	54
Еремينا Т. Ю., Петренко С. А. Проектирование противопожарной защиты уникальных и технически сложных объектов при разработке специальных технических условий	5	54
Зяятдинов О. М., Чернов Ю. Л. Обеспечение пожарной безопасности эксплуатируемых зданий в регионах Сибири и Дальнего Востока	4	44
Зубков Б. В., Бочкарев А. Н. Комплексные методы и средства против угрозы актов незаконного вмешательства на объектах воздушного транспорта	4	49
Зубков Б. В., Бочкарев А. Н., Зенков А. С. Комплексная система обеспечения транспортной взрывобезопасности.	6	34
Ильин В. В., Рыбаков А. П., Вологжанин О. Ю. К вопросу о протекании взрывных процессов при хранении групп боеприпасов и возможности прогнозирования их последствий	1	35
Коробко В. Б., Красавин А. В., Думилин А. И., Красильников Н. А. Анализ и совершенствование государственной экспертизы проектной документации на соответствие требованиям пожарной безопасности	1	41
Мешалкин Е. А. Фасадные системы: тенденции применения и пожарная опасность.	2	12
Овсяник А. И., Седнев В. А. Методология обоснования инженерно-технических мероприятий предупреждения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и оценки их эффективности	4	53
Разанов М. Р., Топольский Н. Г. К вопросу анализа риска на объектах топливно-энергетического комплекса	2	29
Ройтман В. М. Нормирование защиты высотных зданий от прогрессирующего разрушения при комбинированных особых воздействиях.	2	6
Святенко И. Ю., Волков О. С., Гудков А. С., Афанасьев К. А. К анализу информационных потоков в системах мониторинга инженерных сооружений	2	19
Старков Н. Н., Радченко А. П., Жуйков Д. А. Пожарная безопасность лифтовых установок.	6	44

Фамилии авторов и названия статей	Номер журнала	Стр.
Хой Л. Ш. Обстановка с пожарами и проблемы обеспечения надежности систем противопожарного водоснабжения производственных зданий Вьетнама	6	40
Швырков С. А., Горячев С. А., Сорокоумов В. П., Батманов С. В., Воробьев В. В. Статистика квазимгновенных разрушений резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов	6	48
БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ		
Ландышев Н. В. Идентификация людьми, находящимися в здании, звукового сигнала о пожаре — важный принцип построения систем оповещения	2	56
Подгрушный А. В., Хонг Ч. Д. Исследования по спасанию людей из зданий повышенной этажности при пожарах	4	66
Родичев А. Ю., Таранцев А. А. Об учете усталостных явлений при движении людского потока	1	50
ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА		
Карпышев А. В., Душкин А. Л., Рязанцев Н. Н., Афанасьев А. А., Матушкин В. В., Сегаль М. Д. Разработка высокоэффективного универсального огнетушителя на основе генераций струй тонкораспыленных огнетушащих веществ	2	69
Подзирей Ю. С. Аэромобильное противопожарное средство для высотных объектов.	5	64
Старков Н. Н., Россиев М. В. Концепция создания пожарного робота-разведчика.	5	68
ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ		
Артемьев Н. С., Подгрушный А. В., Опарин Д. Е. Коэффициент разрушения воздушно-механической пены средней кратности при тушении жидкости в резервуаре	1	82
Артемьев Н. С., Подгрушный А. В., Опарин Д. Е. Скорость продвижения воздушно-механической пены по поверхности нефтепродукта	1	76
Воевода С. С., Крейтор В. П., Бузюк В. В. Анализ механизма тушения пожара в задымленной насосной пеной высокой кратности	4	76
Воевода С. С., Крейтор В. П., Бузюк В. В. Тушение углеводородов пленкообразующими пенами.	5	71
Воевода С. С., Макаров С. А., Маркеев В. А., Шароварников А. Ф. Математическое моделирование процесса тушения евротоплив фторсинтетической пеной	1	78
Каришин А. В., Царев А. М., Жуйков Д. А., Яковлев Г. Г. Решение проблемы эффективности тушения пожаров с применением стволовых установок контейнерной доставки огнетушащих веществ	3	72
Корольченко Д. А. Современные биоремедиационные технологии	5	75
Панов М. Я., Петров Ю. Ф., Щербаков В. И. Моделирование потокораспределения в области оперативного управления системами водоснабжения в режиме пожаротушения	6	58
Подгрушный А. В., Денисов А. Н., Хонг Ч. Д. Современные проблемы тушения пожаров в зданиях повышенной этажности и высотных зданиях	6	53
Сабинин О. Ю., Агаларова С. М. Огнетушащие порошки. Проблемы. Состояние вопроса.	6	63
Тощев Н. А., Андреев А. П., Воевода С. С., Герасимова И. Н. Механизм тушения пеной горючих жидкостей, воспламеняющихся при контакте с водой	2	74
Тощев Н. А., Андреев А. П., Воевода С. С., Герасимова И. Н. Тушение гидролизующихся элементоорганических горючих жидкостей пеной	3	66
Храмцов С. П. Вода для тушения пожаров	4	72
СРЕДСТВА ТУШЕНИЯ		
Афанасьев С. В., Коротков Р. В., Старков Н. Н., Триполицын А. А. Состав для пожаротушения.	5	61
Воевода С. С., Маркеев В. А., Маркеев А. В. Влияние состава углеводородного топлива и жесткости воды на коллоидно-химические характеристики раствора пленкообразующего пенообразователя.	3	63

Фамилии авторов и названия статей	Номер журнала	Стр.
-----------------------------------	---------------	------

СТАТИСТИКА И АНАЛИЗ ПОЖАРОВ

Трушкин Д. В., Корольченко А. Я. Анализ причин гибели людей на пожаре в торговом центре	2	63
Хонг Ч. Д., Подгрушный А. В. Обстановка с пожарами в жилых зданиях крупных городов Вьетнама и краткая характеристика пожарно-спасательных сил	1	64

ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

Богданов А. В., Краснов А. В. Информационная система обеспечения безопасности крупных музейных комплексов	1	68
Демехин Ф. В., Буцынская Т. А., Журавлев С. Ю. Повышение достоверности обнаружения пожара на промышленных объектах	4	69
Карнаухов Г. М. Анализ влияния дискретности чувствительного элемента многоточечных пожарных извещателей на их обнаруживающую способность	1	72
Мирзяниц А. В. Информационно-управляющий модуль быстродействующей автоматизированной системы пожаровзрывозащиты высокорисковых объектов.	2	67

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.



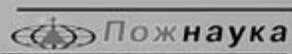
Научная, справочная и учебная литература











ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

E-mail: firescience@plsem.net
<http://www.firepress.ru>
 109052, Москва, ул. Смирновская, дом 1А
 Тел./факс: (495) 662-69-70, 662-69-71

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”

Адрес редакции:

109052, г. Москва, Смирновская ул., 1А
Тел.: (495) 662-69-70, 662-69-71
E-mail: fire-sci@mail.ru, firescience@pistem.net

Editorial Office Address:

Smirnovskaya St., 1A, Moscow, 109052 Russia
Phone: (495) 662-69-70, 662-69-71

ISSN 0869-7493



Подписано в печать 30.11.07.

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"; Полугодовая подписка Один комплект	1260 420		

- 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 факсу (495) 662-69-70, 662-69-71 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 телефонам:
(495) 662-69-70, 662-69-71 (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) 662-69-70, 662-69-71 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 АFFF (STHAMEX АFFF 3/6), Штамекс многоцелевой (STHAMEX-Multiform АFFF 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)

Углеродородный пенообразователь на основе синтетических ПАВ с широким спектром применения.

ISSN 0869-7493



9 770869 749006