

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ

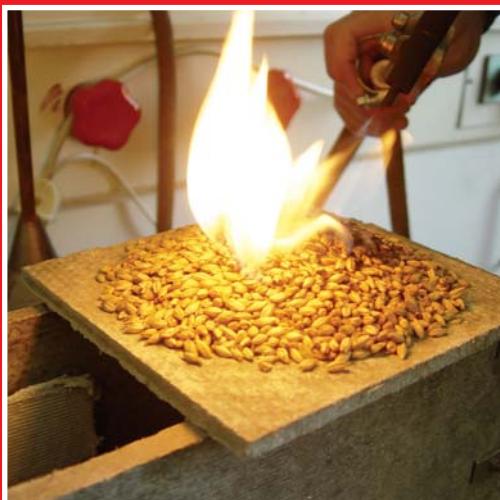
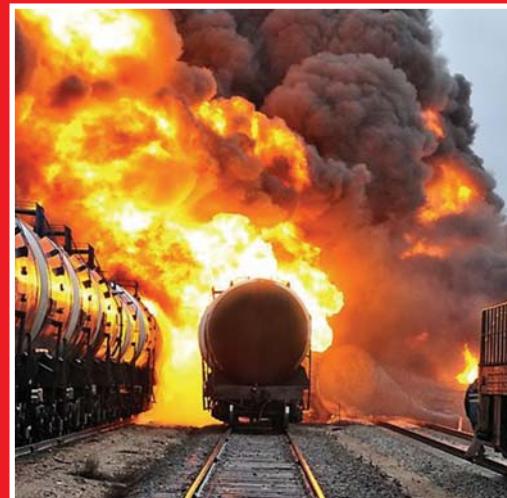
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

3'2011

Математические закономерности пожаров на железнодорожном транспорте

Парадоксы нормирования обеспечения безопасности людей при эвакуации из зданий и пути их устранения

Обеспечение безопасности людей при пожарах в зданиях посредством применения самоспасателей



О горючести пивоваренного ячменя и ячменного солода

Анализ пожарных стволов "нового поколения"

Математическое моделирование газофазного зажигания лиственного дерева наземным грозовым разрядом с учетом испарения влаги

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ

Том 20 • №3 • 2011 FIRE & EXPLOSION SAFETY

Научно-технический журнал
ООО "Издательство "Пожнаука"

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

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ

Кузнецов Г. В., Барановский Н. В. Математическое моделирование газофазного зажигания лиственного дерева наземным грозовым разрядом в приближении крупных сосудов с учетом испарения влаги

2

ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

**Таубкин И. С., Саклантий А. Р., Рудакова Т. А.,
Сухов А. В.** О горючести пивоваренного ячменя и ячменного солода

8

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЖАРОВ

Катын Д. В., Малыгин И. Г., Таранцев А. А. Математические закономерности пожаров на железнодорожном транспорте

15

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ОБЪЕКТОВ

Волокитина А. В., Софронова Т. М. Защита населенных пунктов от природных пожаров

22

БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ

**Заикин С. В., Бушманов С. А., Парфёнов А. П.,
Белосохов И. Р.** Обеспечение безопасности людей при пожарах в зданиях посредством применения самоспасателей. Часть 2. Объекты испытаний. Методика эксперимента

32

**Холщевников В. В., Самошин Д. А., Белосохов И. Р.,
Истратов Р. Н., Кудрин И. С., Парфёнов А. П.** Парадоксы нормирования обеспечения безопасности людей при эвакуации из зданий и пути их устранения

41

ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА

Теребнев В. В., Казанцев С. Г., Богомолов М. В. Анализ пожарных стволов "нового поколения"

52

ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ. СПРАВОЧНИК

57

CONTENTS

COMBUSTION PROCESSES

Kuznetsov G. V., Baranovskiy N. V. Mathematical Simulation of Gas-Phase Deciduous Tree Ignition by Ground Lightning Discharge in Large Vessels Approximation Taking Into Account Moisture Evaporation

FIRE-AND-EXPLOSION HAZARD OF SUBSTANCES AND MATERIALS

**Taubkin I. S., Saklantii A. R., Rudakova T. A.,
Sukhov A. V.** On the Combustibility of Brewing Barley and Barley Malt

FIRE MODELING

Kattsyn D. V., Malygin I. G., Tarantsev A. A. Mathematical Appropriateness of Fires on the Railway Transport

FIRE SAFETY OF BUILDINGS, STRUCTURES, OBJECTS

Volokitina A. V., Sofronova T. M. Protection of Wildland Urban Interface from Wildfires

FIRE SAFETY OF PEOPLE

**Zaikin S. V., Bushmanov S. A., Parfenenko A. P.,
Belosokhov I. R.** Supporting Safety of People under Fires in Buildings by the Use of the Respiratory Protective Devices. Part 2. Item under Test. Experimental Procedure

Kholshchevnikov V. V., Samoshin D. A., Belosokhov I. R., Istratov R. N., Kudrin I. S., Parfenenko A. P. The Paradoxes of Safe Buildings Evacuation Regulations and Their Resolution

FIRE ENGINEERING

Terebnev V. V., Kazantsev S. G., Bogomolov M. V. Analysis of Fire Barrels of "New Generation"

FIRE-AND-EXPLOSION SAFETY. REFERENCE BOOK

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

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

**Г. В. Кузнецов**

д-р физ.-мат. наук, профессор, заместитель директора по научной работе Энергетического института Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск, Россия

**Н. В. Барановский**

канд. физ.-мат. наук, докторант Национального исследовательского Томского политехнического университета, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института прикладной математики и механики Томского государственного университета, г. Томск, Россия

УДК 533.6

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОФАЗНОГО ЗАЖИГАНИЯ ЛИСТВЕННОГО ДЕРЕВА НАЗЕМНЫМ ГРОЗОВЫМ РАЗРЯДОМ В ПРИБЛИЖЕНИИ КРУПНЫХ СОСУДОВ С УЧЕТОМ ИСПАРЕНИЯ ВЛАГИ

Численно реализована физико-математическая модель газофазного зажигания лиственного дерева наземным грозовым разрядом. Использовано приближение крупных сосудов. Показана возможность зажигания лиственного дерева в газовой фазе грозовым разрядом класса облако–земля. Установлено, что наличие большого количества влаги в крупных сосудах на начальном этапе замедляет разогрев древесины березы. Задача решена в приближении идеальной трещины. Зажигание дерева происходит в месте локализации трещины. Исследовано влияние вольт-амперных характеристик наземного грозового разряда на время задержки воспламенения лиственного дерева. Показано, что представленная физико-математическая модель может стать дополнительным модулем в системах оценки лесной пожарной опасности, а также что полученные результаты имеют фундаментальное значение для дальнейшего развития теории лесных пожаров.

Ключевые слова: зажигание; наземный грозовой разряд; испарение; крупный сосуд.

Введение

Ранее была разработана “тепловая” модель зажигания лиственного дерева в приближении крупных сосудов [1] и исследовано влияние структурной неоднородности сердцевины ствола лиственного дерева и наличия влаги в крупных сосудах на процесс его зажигания. Численный анализ “тепловой” модели показал, что из приповерхностного крупного сосуда к коре дерева (поверхности зажигания) поступает достаточное количество теплоты для его зажигания. Однако, как показали исследования процессов зажигания хвойных деревьев [2], воспламенение происходит в газовой фазе.

Аналогичные исследования следует провести и для лиственного дерева. Известно, что при температурах, установленных в результате вычислительных экспериментов, происходит термическое разложение древесины с выделением газообразных горючих продуктов пиролиза [3]. В зависимости от вида материала и способа теплопередачи возможны случаи, когда может быть выделена так называемая ведущая экзотермическая реакция, которая определя-

ет основные закономерности процесса зажигания [4]. В соответствии с местом локализации этой реакции модели зажигания получили название *твердофазной, гетерогенной и газофазной* [4]. В полной постановке модель зажигания твердого вещества включает в себя стадии разогрева вещества, быстрого протекания реакции в поверхностном слое с образованием продуктов пиролиза, самоускорения химических реакций при выходе скорости горения на стационарный режим [4].

Цель настоящего исследования — математическое моделирование газофазного зажигания лиственного дерева в приближении крупных сосудов с учетом испарения влаги и структурной неоднородности коры, а также анализ влияния на процесс зажигания вольт-амперных характеристик наземного грозового разряда.

Физическая постановка задачи

В фиксированный момент времени в ствол лиственного дерева ударяет наземный грозовой разряд. При этом по стволу протекает электрический ток

© Кузнецов Г. В., Барановский Н. В., 2011

наземного грозового разряда. Предполагается, что ствол дерева представляет собой проводник электрического тока типа резистора, для которого справедливы законы Ома и Джоуля–Ленца [5]. В различных сечениях ствола параметры тока принимаются одинаковыми.

Основные допущения: 1) моделирование теплопереноса в стволе дерева проведено в приближении крупных сосудов; 2) в структуре коркового слоя существует неоднородность “трещина”, которая считается “идеальной”, т. е. проходит по всей вертикали ствола (это допущение позволяет использовать 2D-постановку задачи); 3) испарение влаги описывается уравнением Кнудсена–Ленгмюра [6]. Образующиеся при этом водяные пары мгновенно уходят из древесины. При разогреве древесины происходит ее термическое разложение, и газообразные горючие компоненты пиролиза мгновенно поступают в область трещины, где смешиваются с воздухом. При достижении определенных концентраций реагентов и температуры газовой смеси происходит окисление моноксида углерода до диоксида углерода. Считается, что мгновенный выход водяного пара и газообразных продуктов пиролиза возможен только из приповерхностного слоя крупных сосудов.

Критерии зажигания: 1) теплоприход от химической реакции превышает теплоприход из сердцевины ствола дерева; 2) температура в области зажигания достигает определенного критического значения.

Задача решается в полярных координатах в плоской постановке. Моделируется горизонтальный срез

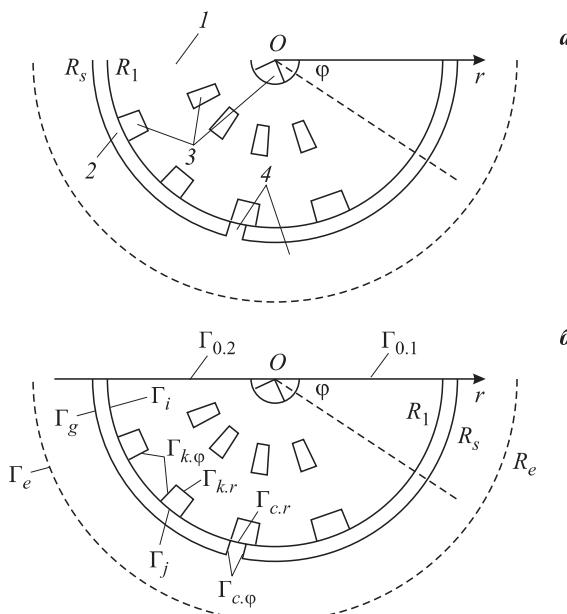


Рис. 1. Геометрия области решения (а) и границы областей (б): 1 — сердцевина; 2 — кора; 3 — крупные сосуды; 4 — газовая фаза; R_s — внешний радиус ствола; R_1 — граница раздела сердцевины и коры; R_e — радиус внешней границы расчетной области; Γ — границы областей

ствола дерева. Схема области решения представлена на рис. 1, а, а границы областей обозначены на рис. 1, б.

Математическая постановка задачи

Математически процесс газофазного зажигания лиственного дерева наземным грозовым разрядом описывается системой нестационарных дифференциальных уравнений теплопроводности и диффузии:

$$\rho_{ef1} c_{ef1} \frac{\partial T_1}{\partial t} = \frac{\lambda_{ef1}}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T_1}{\partial r} \right) + \frac{\lambda_{ef1}}{r^2} \frac{\partial^2 T_1}{\partial \varphi^2} - QW\varphi_9 - Q_p k_p \rho_8 \varphi_8 \exp \left(-\frac{E_1}{RT_1} \right); \quad (1)$$

$$\rho_{ef2} c_{ef2} \frac{\partial T_2}{\partial t} = \frac{\lambda_{ef2}}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T_2}{\partial r} \right) + \frac{\lambda_{ef2}}{r^2} \frac{\partial^2 T_2}{\partial \varphi^2} - Q_p k_p \rho_8 \varphi_8 \exp \left(-\frac{E_1}{RT_2} \right); \quad (2)$$

$$\rho_{ef3} c_{ef3} \frac{\partial T_3}{\partial t} = \frac{\lambda_{ef3}}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T_3}{\partial r} \right) + \frac{\lambda_{ef3}}{r^2} \frac{\partial^2 T_3}{\partial \varphi^2} + JU - QW\varphi_9 - Q_p k_p \rho_8 \varphi_8 \exp \left(-\frac{E_1}{RT_3} \right); \quad (3)$$

$$\rho_g c_g \frac{\partial T_g}{\partial t} = \frac{\lambda_g}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T_g}{\partial r} \right) + \frac{\lambda_g}{r^2} \frac{\partial^2 T_g}{\partial \varphi^2} + Q_5 (1 - v_5) R_5; \quad (4)$$

$$\frac{\partial C_4}{\partial t} = \frac{D}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial C_4}{\partial r} \right) + \frac{D}{r^2} \frac{\partial^2 C_4}{\partial \varphi^2} - R_5 \frac{M_4}{M_5}; \quad (5)$$

$$\frac{\partial C_5}{\partial t} = \frac{D}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial C_5}{\partial r} \right) + \frac{D}{r^2} \frac{\partial^2 C_5}{\partial \varphi^2} - R_5; \quad (6)$$

$$\frac{\partial C_6}{\partial t} = \frac{D}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial C_6}{\partial r} \right) + \frac{D}{r^2} \frac{\partial^2 C_6}{\partial \varphi^2}; \quad (7)$$

$$\sum_{i=4}^7 C_i = 1; \quad (8)$$

$$\rho_8 \frac{\partial \varphi_8}{\partial t} = -k_p \rho_8 \varphi_8 \exp \left(-\frac{E_1}{RT_1} \right); \quad (9)$$

$$\rho_8 \frac{\partial \varphi_8}{\partial t} = -k_p \rho_8 \varphi_8 \exp \left(-\frac{E_1}{RT_2} \right); \quad (10)$$

$$\rho_8 \frac{\partial \varphi_8}{\partial t} = -k_p \rho_8 \varphi_8 \exp \left(-\frac{E_1}{RT_3} \right); \quad (11)$$

$$\rho_9 \frac{\partial \varphi_9}{\partial t} = -W_{ev}; \quad (12)$$

$$\sum_{i=8}^{10} \varphi_i = 1; \quad (13)$$

$$W = \frac{A(P^h - P)}{\sqrt{2\pi RT/M}}; \quad (14)$$

$$R_5 = k_5 M_5 T^{-2,25} \exp\left(-\frac{E_5}{RT_3}\right) \begin{cases} x_4^{0,25} x_5, & x_4 > 0,05; \\ x_4 x_5, & x_4 \leq 0,05; \end{cases} \quad (15)$$

$$x_i = \frac{C_i}{\sum_{k=4}^7 \frac{C_k}{M_k} M_i}; \quad (16)$$

$$P = \frac{\rho R T}{M}; \quad (17)$$

$$\frac{1}{M} = \frac{C_4}{M_4} + \frac{C_5}{M_5} + \frac{C_6}{M_6} + \frac{C_7}{M_7};$$

$$\begin{aligned} \rho_{efi} &= \rho_8 \Phi_8 + \rho_9 \Phi_9 + \rho_{10} \Phi_{10}; \\ c_{efi} &= c_8 \Phi_8 + c_9 \Phi_9 + c_{10} \Phi_{10}; \\ \lambda_{efi} &= \lambda_8 \Phi_8 + \lambda_9 \Phi_9 + \lambda_{10} \Phi_{10}. \end{aligned} \quad (18)$$

Границные условия для уравнений (1) – (18):

$$r=0: \quad \lambda_{ef1} \frac{\partial T_1}{\partial r} = 0; \quad (19)$$

$$\Gamma_i: \quad \lambda_{ef1} \frac{\partial T_1}{\partial r} = \lambda_{ef2} \frac{\partial T_2}{\partial r}, \quad T_1 = T_2; \quad (20)$$

$$\Gamma_j: \quad \lambda_{ef3} \frac{\partial T_3}{\partial r} = \lambda_{ef2} \frac{\partial T_2}{\partial r}, \quad T_3 = T_2; \quad (21)$$

$$\Gamma_{kr}: \quad \lambda_{ef3} \frac{\partial T_3}{\partial r} = \lambda_{ef1} \frac{\partial T_1}{\partial r}, \quad T_3 = T_1; \quad (22)$$

$$\Gamma_g: \quad \lambda_{ef2} \frac{\partial T_2}{\partial r} = \lambda_g \frac{\partial T_g}{\partial r}, \quad T_2 = T_g; \quad (23)$$

$$\rho D \frac{\partial C_4}{\partial r} = 0; \quad \rho D \frac{\partial C_5}{\partial r} = 0; \quad \rho D \frac{\partial C_6}{\partial r} = 0; \quad (24)$$

$$\Gamma_{cr}: \quad \lambda_{ef3} \frac{\partial T_3}{\partial r} = \lambda_g \frac{\partial T_g}{\partial r}, \quad T_3 = T_g \quad (25)$$

$$\text{или } \lambda_{ef1} \frac{\partial T_1}{\partial r} = \lambda_g \frac{\partial T_g}{\partial r}, \quad T_1 = T_g;$$

$$\rho D \frac{\partial C_4}{\partial r} = 0; \quad \rho D \frac{\partial C_5}{\partial r} = Y_5; \quad \rho D \frac{\partial C_6}{\partial r} = Y_6; \quad (26)$$

$$\Gamma_e: \quad \lambda_g \frac{\partial T_g}{\partial r} = \alpha_e (T_e - T_g); \quad (27)$$

$$\rho D \frac{\partial C_4}{\partial r} = 0; \quad \rho D \frac{\partial C_5}{\partial r} = 0; \quad \rho D \frac{\partial C_6}{\partial r} = 0; \quad (28)$$

$$\Gamma_{0.1}, \Gamma_{0.2}: \quad \lambda_i \frac{\partial T_i}{\partial \varphi} = 0; \quad (29)$$

$$\rho D \frac{\partial C_4}{\partial \varphi} = 0; \quad \rho D \frac{\partial C_5}{\partial \varphi} = 0; \quad \rho D \frac{\partial C_6}{\partial \varphi} = 0; \quad (30)$$

$$\Gamma_{k,\varphi}: \quad \lambda_{ef3} \frac{\partial T_3}{\partial \varphi} = \lambda_{ef1} \frac{\partial T_1}{\partial \varphi}, \quad T_3 = T_1; \quad (31)$$

$$\Gamma_{c,\varphi}: \quad \lambda_{ef2} \frac{\partial T_2}{\partial \varphi} = \lambda_g \frac{\partial T_g}{\partial \varphi}, \quad T_2 = T_g; \quad (32)$$

$$\rho D \frac{\partial C_4}{\partial \varphi} = 0; \quad \rho D \frac{\partial C_5}{\partial \varphi} = 0; \quad \rho D \frac{\partial C_6}{\partial \varphi} = 0. \quad (33)$$

Начальные условия для уравнений (1) – (18):

$$t=0: \quad T_i(r, \varphi) = T_{i0}(r, \varphi), \quad i = 1, 2, 3, g; \quad (34)$$

$$C_i(r, \varphi) = C_{i0}(r, \varphi), \quad i = 4, 5, 6, 7; \quad (35)$$

$$\varphi_i(r, \varphi) = \varphi_{i0}(r, \varphi), \quad i = 8, 9, 10. \quad (36)$$

Здесь T_i , ρ_{efi} , c_{efi} , λ_{efi} — температура, эффективные плотность, теплоемкость и теплопроводность сердцевины ($i = 1$), коры ($i = 2$), крупных сосудов ($i = 3$) ствола; T_g , ρ_g , c_g , λ_g — температура, плотность, теплоемкость и теплопроводность газовой фазы; C_i , M_i — концентрация и молярная масса кислорода ($i = 4$), моноксида углерода ($i = 5$), водяного пара ($i = 6$) и инертных компонентов ($i = 7$); φ_k , ρ_k , c_k , λ_k — объемная доля, плотность, теплоемкость и теплопроводность органического вещества ($k = 8$), воды ($k = 9$) и газовой смеси ($k = 10$); α_e — коэффициент теплоотдачи; J — сила тока; U — напряжение; Q — тепловой эффект испарения влаги; W — массовая скорость испарения воды; A — коэффициент аккомодации; P^h — давление насыщенного водяного пара; P — парциальное давление паров воды в воздухе; R — универсальная газовая постоянная; Y_5 — поток массы (монооксид углерода); Y_6 — поток массы (водяной пар); Q_p — тепловой эффект пиролиза; k_p — предэкспоненциальный множитель реакции пиролиза; E_1 — энергия активации реакции пиролиза; Q_5 — тепловой эффект реакции окисления монооксида углерода; k_5 — предэкспоненциальный множитель реакции окисления монооксида углерода; E_5 — энергия активации реакции окисления монооксида углерода; v_5 — доля теплоты, поглощенная слоем древесины; x_4 , x_5 — вспомогательные переменные; r , φ — полярные координаты; t — время. Индексы “ e ” и “ 0 ” соответствуют параметрам внешней среды и параметрам в начальный момент времени. В граничных условиях (25) первый вариант соответствует случаю, когда трещина открывает поверхностный сосуд, второй вариант — случаю, когда открыта межсосудистая часть древесины.

Численное исследование проведено с использованием следующих исходных данных:

$$\rho_8 = 650 \text{ кг/м}^3; \quad c_8 = 1670 \text{ Дж/(кг·К)};$$

$$\lambda_8 = 0,29 \text{ Вт/(м·К)}; \quad \rho_9 = 1000 \text{ кг/м}^3;$$

$$c_9 = 4180 \text{ Дж/(кг·К)}; \quad \lambda_9 = 0,588 \text{ Вт/(м·К)};$$

$$\rho_{10} = 0,598 \text{ кг/м}^3; \quad c_{10} = 2130 \text{ Дж/(кг·К)};$$

$$\lambda_{10} = 0,024 \text{ Вт/(м·К)}; \quad \rho_g = 1,2 \text{ кг/м}^3;$$

$$c_g = 2130 \text{ Дж/(кг·К)}; \quad \lambda_g = 0,102 \text{ Вт/(м·К)}.$$

Параметры испарения:

$$Q = 2250 \text{ Дж/кг}; \quad A = 0,1; \quad R = 8,31 \text{ Дж/(моль·К)};$$

$$M_6 = 0,010 \text{ кг/моль}.$$

Термокинетические параметры:

$$Q_p = 1000 \text{ Дж/кг}; \quad k_p = 3,63 \cdot 10^4 \text{ 1/c}; \quad E_1/R = 9400 \text{ К};$$

$Q_5 = 10^7 \text{ Дж/кг}$; $k_5 = 3 \cdot 10^{13} \text{ 1/с}$; $E_5/R = 11500 \text{ К}$; $v_5 = 0,3$; $M_4 = 0,032 \text{ кг/моль}$; $M_5 = 0,028 \text{ кг/моль}$; $M_7 = 0,044 \text{ кг/моль}$.

Параметры внешнего воздействия:
 $\alpha = 80 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $T_e = 300 \text{ К}$.

Геометрические характеристики области решения: $R_s = 0,25 \text{ м}$; $R_1 = 0,245 \text{ м}$.

Результаты численного моделирования и их обсуждение

Сформулированная математическая модель (1)–(18) с краевыми и начальными условиями (19)–(36) решена локально-одномерным конечно-разностным методом [7]. Для решения разностных аналогов дифференциальных уравнений использован метод прогонки в сочетании с методом простой итерации [7].

Рассматривается следующая схема исследуемого процесса. На ствол дерева, например березу, действует отрицательный грозовой разряд длительностью 500 мс с пиковым током удара 23,5 кА [8] и напряжением 100 кВ. На рис. 2 представлено распределение температуры по радиальной координате в сечении ствола дерева, проходящем через трещину в коре, в момент зажигания его током наземного грозового разряда (начальная температура 300 К).

Анализ представленной на рис. 2 температурной зависимости показывает, что в результате действия типичного наземного грозового разряда ствол дерева в области крупных сосудов разогревается до температур, при которых происходит образование продуктов пиролиза. На рис. 3, а представлена зависимость объемных долей органического вещества, влаги и водяного пара в области крупного сосуда от времени. Сначала с повышением температуры происходит интенсивное испарение влаги, содержащейся в древесине. Интенсификация процессов термического разложения органического вещества древесины начинается в условиях, когда практически вся влага из древесины испарилась. На рис. 3, б представлено распределение объемных долей фаз по радиальной координате в момент зажигания, когда вся влага переходит в пар. В области крупных сосудов в результате термодеструкции происходит уменьше-

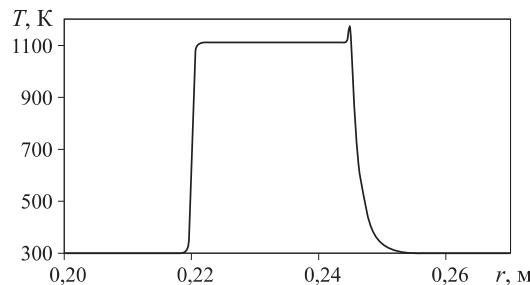


Рис. 2. Распределение температуры по радиальной координате в сечении трещины в момент зажигания

ние объемной доли органического вещества. Оба этих процесса приводят к увеличению объемной доли газовой фазы. Возможно, именно в результате частичного разложения материала крупных сосудов происходит повреждение влагопроводящих путей в стволе дерева, что приводит к его гибели или частичному увяданию [9]. Образовавшиеся газообразные горючие продукты пиролиза и водяной пар мгновенно попадают в область газовой фазы. На рис. 4 представлено распределение концентраций компонентов газовой фазы по радиальной координате. Концентрация водяного пара превосходит концентрацию газообразных горючих продуктов пиролиза (максимум наблюдается на дне трещины, где про-

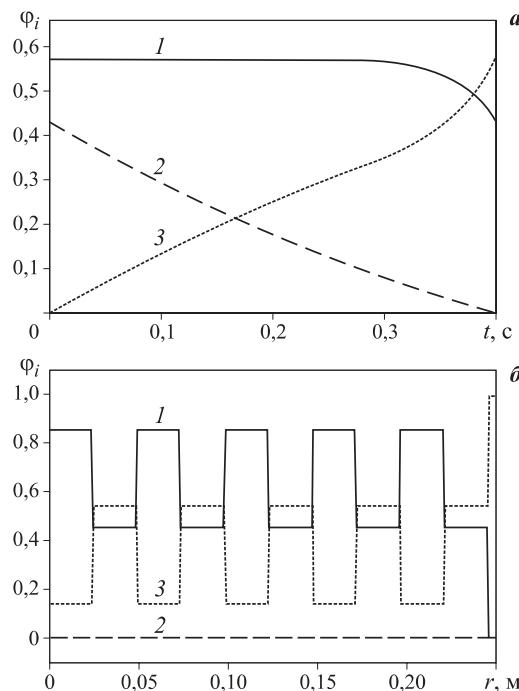


Рис. 3. Распределение объемных долей фаз в области крупного сосуда в течение времени (а) и по радиальной координате в момент зажигания (б): 1 — органическое вещество; 2 — влага; 3 — водяной пар

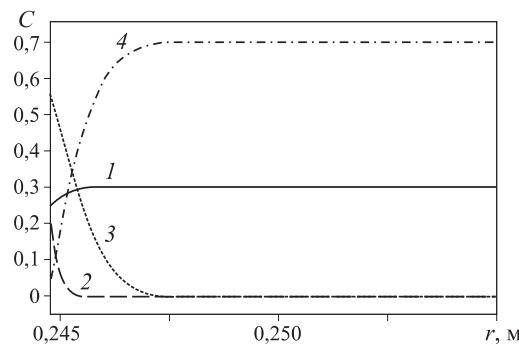


Рис. 4. Распределение концентраций компонентов газовой смеси по радиальной координате в сечении трещины в момент зажигания: 1 — кислород; 2 — моноксид углерода; 3 — водяной пар; 4 — инертные компоненты

исходит их вдув из приповерхностных крупных сосудов). Однако ее значение меньше, чем при прохождении электрического тока в стволе хвойного дерева. Тем не менее зажигание происходит, так как газовая фаза в области трещины прогревается до большей температуры, чем при воздействии грозового разряда на хвойное дерево (или на лиственное дерево, имеющее равномерное распределение влагопроводящих путей в горизонтальном сечении ствола).

Установлено, что вне зоны трещины корковый слой не позволяет прогреться газовой смеси до критических температур. Наличие структурных неоднородностей (трещин) в коре изменяет ситуацию. Было рассмотрено три варианта, когда трещина открывает: а) поверхностный сосуд полностью; б) межсосудистую древесину полностью; в) крупный сосуд частично. В зоне крупных сосудов формируется повышенное поле температур. Установлено, что если трещина частично или полностью граничит с поверхностным сосудом, то именно в трещине газовая смесь прогревается до необходимых температур и при определенных концентрациях реагентов происходит окисление моноксида углерода до диоксида углерода с выделением тепла. Из рис. 2 видно, что на некотором удалении от дна трещины кривая температур имеет пик, обусловленный притоком тепла

ла в результате химической реакции. В непосредственной близости к поверхности ствола (на дне трещины) температура газовой фазы ниже, так как здесь происходит вдув продуктов пиролиза и водяного пара, и концентрация окислителя становится меньше. Химической реакции в таких условиях не происходит. Отметим, что при решении задачи использовалось дополнительное допущение о том, что только из слоя приповерхностных крупных сосудов газообразные вещества могут мгновенно оказаться на границе ствола и газовой фазы. Предполагается, что из внутренних сосудов продукты пиролиза и водяной пар не успевают достигнуть этой границы в течение воздействия грозового разряда. Из рис. 3, б видно, что между крупными сосудами имеется более плотная древесина, которая должна играть роль барьера. В результате численного исследования модели установлено, что при силе тока 1–15 кА и напряжении 1–60 кВ не происходит зажигания лиственного дерева при воздействии наземного грозового разряда (табл. 1 и 2).

Выходы

Численно реализована физико-математическая модель газофазного зажигания лиственного дерева в результате протекания по его стволу электрического тока наземного грозового разряда. Использовано приближение крупных сосудов и идеальной трещины. Показана возможность газофазного зажигания лиственного дерева грозовым разрядом класса облако–земля.

В результате настоящего исследования разработана фундаментальная (базовая) модель газофазного зажигания лиственного дерева электрическим током наземного грозового разряда. Модель позволяет обосновать саму возможность газофазного зажигания лиственного дерева в указанных условиях.

Однако многие вопросы требуют дополнительного рассмотрения. Например, процесс поступления водяного пара и газообразных продуктов пиролиза следует моделировать более адекватно, с учетом их фильтрации как из приповерхностных, так и из внутренних крупных сосудов. Необходимо более подробно исследовать влияние водяного пара на условия зажигания лиственного дерева. Следует учитывать, что процессы воздействия наземного грозового разряда на лиственное и хвойное деревья существенно различаются: в ряде случаев возможно повреждение или фрагментация ствола первого под влиянием возрастающего давления в его сердцевине (в результате испарения влаги).

Таким образом, представленная модель создает фундамент для развития на ее основе целого набора более сложных и содержательных физико-математических моделей зажигания и повреждения деревьев

Таблица 1. Время задержки зажигания лиственного дерева в зависимости от напряжения (при $J = 23,5$ кА)

Напряжение U , кВ	Время задержки зажигания t^* , с
1–60	За время действия наземного грозового разряда возгорания не происходит
70	0,480
80	0,445
90	0,415
100	0,400
105	0,391
110	0,380

Таблица 2. Время задержки зажигания лиственного дерева в зависимости от силы тока (при $U = 100$ кВ)

Сила тока J , кА	Время задержки зажигания t^* , с
1–15	За время действия наземного грозового разряда возгорания не происходит
20,0	0,428
23,5	0,400
25,0	0,385
30,0	0,350
35,0	0,320

лиственных пород с учетом широкого спектра факторов исследуемого процесса.

Представленная физико-математическая модель может стать дополнительным модулем в системах оценки лесной пожарной опасности [10, 11]. Кроме

того, полученные результаты имеют самостоятельное фундаментальное значение для дальнейшего развития теории лесных пожаров и позволяют объяснить физическую природу явления зажигания лиственного дерева наземным грозовым разрядом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов Г. В., Барановский Н. В. Моделирование зажигания лиственного дерева наземным грозовым разрядом в приближении крупных сосудов // Пожаровзрывобезопасность. — 2009. — Т. 18, № 5. — С. 37–41.
2. Кузнецов Г. В., Барановский Н. В. Исследование физико-химических процессов зажигания хвойного дерева наземным грозовым разрядом // Бутлеровские сообщения. — 2010. — Т. 20, № 6. — С. 52–58.
3. Абдурагимов И. М., Андрюсов А. С., Бартак М. Воспламенение и горение древесины под влиянием тепловых потоков // Физика горения и взрыва. — 1986. — Т. 22, № 1. — С. 10–13.
4. Вилюнов В. Н. Теория зажигания конденсированных веществ. — Новосибирск : Наука, 1984. — 187 с.
5. Яворский Б. М., Селезнев Ю. А. Справочное руководство по физике для поступающих в вузы и самообразования. — М. : Наука, 1984. — 383 с.
6. Панкратов Б. М., Полежаев Ю. В., Рудько А. К. Взаимодействие материалов с газовыми потоками / Под ред. В. С. Зуева. — М. : Машиностроение, 1975. — 224 с.
7. Самарский А. А., Вабищевич П. Н. Аддитивные схемы для задач математической физики. — М. : Наука. 2001. — 320 с.
8. Burke C. P., Jones D. L. On the polarity and continuing current in unusually large lightning flashes deduced from ELF events // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. — 1996. — Vol. 58. — P. 531–548.
9. Иванов В. А. Методологические основы классификации лесов Средней Сибири по степени пожарной опасности от гроз : дис. ... д-ра с.-х. наук. — Красноярск : СибГТУ, 2006. — 350 с.
10. Барановский Н. В. Оценка вероятности возникновения лесных пожаров с учетом метеоусловий, антропогенной нагрузки и грозовой активности // Пожарная безопасность. — 2009. — № 1. — С. 93–99.
11. Кузнецов Г. В., Барановский Н. В. Детерминированно-вероятностный прогноз лесопожарных возгораний // Пожаровзрывобезопасность. — 2006. — Т. 15, № 5. — С. 56–59.

*Материал поступил в редакцию 9 ноября 2010 г.
Электронный адрес авторов: firedanger@yandex.ru.*



И. С. Таубкин
канд. техн. наук, главный
эксперт РФЦ Судебной
экспертизы Минюста РФ,
г. Москва, Россия



А. Р. Сакланов
канд. техн. наук, ведущий
эксперт РФЦ Судебной
экспертизы Минюста РФ,
г. Москва, Россия



Т. А. Рудакова
канд. хим. наук, науч-
ный сотрудник ИСПМ
им. Н. С. Ениколова
РАН, г. Москва, Россия



А. В. Сухов
старший эксперт РФЦ
Судебной экспертизы
Минюста РФ, г. Москва,
Россия

УДК 536.46+536.2.022+544.427

О ГОРЮЧЕСТИ ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНИ И ЯЧМЕННОГО СОЛОДА

Рассмотрены особенности горения пивоваренного ячменя и ячменного солода в насыпях под действием различных источников: раскаленной никромовой спиралы; пламени пропан-бутановой горелки. Проведена оценка теплового потока, действовавшего на ячмень и солод при их огневых испытаниях. Даны рекомендации по использованию экспресс-методики для определения пожарной опасности насыпей ячменя и ячменного солода для исследования пожарной опасности насыпей других зерновых культур.

Ключевые слова: горение; пожароопасность; ячмень; тление; тепловой поток; огневое воздействие; температура; обугливание.

В связи с пожарами в напольных зернохранилищах, с необходимостью их расследования, а значит, и судебно-экспертного исследования несомненный интерес представляют показатели пожароопасности различных зерновых культур. При расследовании уголовных дел, связанных с хищением зерна из зернохранилищ, последующим их поджогом и получением страховой выплаты, наряду с традиционными вопросами о технической и организационно-технической причинах пожара, встает вопрос о количестве горевшего зерна.

Для ответа на этот вопрос экспертам необходимо знать особенности процессов горения зерна, и в первую очередь нормальную скорость его выгорания (скорость распространения горения внутрь его насыпи) под действием как непосредственно пламени пожара, так и тепла от упавших на насыпь зерна горящих строительных конструкций хранилища. Рассмотрим решение этой задачи на примерах и результатах экспериментального определения пожарной опасности насыпей пивоваренного ячменя (далее — ячменя) и ячменного солода, подготовленных к хранению.

Зерно ячменя поставляется пивоваренной промышленности по ГОСТ 5060–86 [1].

Ячменный солод представляет собой пророщенное, высушенное ячменное зерно и является неза-

менимым компонентом в пищевой отрасли производства. Солод широко применяется в пивоварении и винокурении, в хлебопечении и производстве дрожжей, для приготовления кваса и во многих других отраслях производства.

Перечисленные материалы имеют следующие показатели пожарной опасности.

Ячмень (ГОСТ 16470–70) — в измельченном виде горючий порошок. Элементный состав, % масс.: углерод — 43,47; водород — 6,00; азот — 3,10; сера — 1,42; кислород — 46,01. Темплота сгорания 17,37 кДж/г. При дисперсности образца менее 100 мкм температура самовоспламенения аэровзвеси 430 °С; температура тления 290 °С; нижний концентрационный предел распространения пламени 47 г/м³; максимальное давление взрыва 645 кПа; максимальная скорость нарастания давления 11,4 МПа/с и минимальное взрывоопасное содержание кислорода (МВСК) 12,3 % [2].

Солод ячменный — в измельченном виде горючий порошок. При дисперсности образца менее 74 мкм (влажность равна нулю) температура самовоспламенения аэрогеля 250 °С, аэровзвеси — 400 °С; нижний концентрационный предел распространения пламени 55 г/м³; минимальная энергия зажигания 35 мДж [2].

© Таубкин И. С., Сакланов А. Р., Рудакова Т. А., Сухов А. В., 2011

Приведенные характеристики ячменного солода и ячменя получены для порошков вышеуказанной дисперсности. Пожароопасные характеристики зерен ячменя и солода в источниках [1–16] обнаружить не удалось. Для их определения была разработана специальная методика и проведены эксперименты с ее использованием.

В ходе экспериментов применялось следующее оборудование и приборы:

- вольтметр цифровой универсальный Ф283-3, № 1017, 1985 г., класс точности 1,5;
- хромель-копелевая термопара с диаметром спая 1,5 мм;
- хромель-алюмелевая термопара с диаметром спая 1,5 мм;
- весы электронные SCOUT-SC6010 (“Ohaus Europe” Ltd, USA), точность 0,1 г, максимальная масса 600 г;
- газовая горелка с диаметром отверстия сопла 14 мм, подсоединенная одним шлангом к редуктору 50-л баллона с пропаном, другим — к компрессору воздуха;
- газосчетчик барабанный с водяным затвором, тип ГСБ-400, № 2136, 1977 г., класс 1 по ГОСТ 6463–53;
- фотоаппарат “Sony DSC-F717”;
- инструментальная металлическая линейка миллиметровая по ГОСТ 427–75;
- секундомер, класс точности 2.

Исследование горения зерна ячменя

Опыты с раскаленной спиралью

В опытах с раскаленной электрической спиралью исследовалась возможность возгорания зерна ячменя от этого источника зажигания (имитирующего мощный источник тления), а также его способность выгорать и тлеть после обрушения деревянных строительных конструкций кровли зернохранилища, обугленные поверхности которых в начальный момент непосредственного контакта с зерном имеют температуру менее 800 °C вместо реализуемых при пожаре в верхних частях помещения (под коньком кровли) температур до 1100 °C. Связано это с тепловыми потерями в пламени при контакте поверхности горящей обрушившейся конструкции с более холодным зерном (и, как следствие, теплоотводом в слой зерна) и затрудненным доступом воздуха в зону горения — на границе контакта зерна с обугленной поверхностью деревянной конструкции.

Для проведения опытов было использовано зерно сухого ячменя с насыпной плотностью 720 кг/м³, для определения которой устанавливали массу зерна заданного объема на электронных весах с точностью до второго знака. Полученное значение насыпной плотности зерна ячменя соответствовало его насыпной плотности, приведенной в [16].



Рис. 1

Цилиндрическая многовитковая спираль из никромовой проволоки диаметром 0,6 мм, которая использовалась в качестве источника зажигания зерна, имела диаметр 5,5 мм и форму, близкую к кругу диаметром 30 мм (рис. 1). Величина напряжения на автотрансформаторе, к которому подключалась спираль, была подобрана так, что температура ее поверхности достигала 750 °C.

В первом опыте зерно ячменя, сложенное горкой на подложке из асбосцементного листа, подвергалось с поверхности контактному воздействию раскаленной спирали в течение 15 с. Уже через 5 с с момента воздействия возникло пламенное горение зерна (см. рис. 1, а), которое прекращалось в течение нескольких секунд после удаления спирали. Тления зерна впоследствии не наблюдалось (см. рис. 1, б).

Таким образом, зерно ячменя оказалось неспособным самостоятельно гореть без воздействия на него мощного теплового потока, поддерживающего это горение. Как известно, вещества и материалы, способные гореть в воздухе под воздействием источника зажигания, но неспособные самостоятельно гореть после его удаления, относятся к трудногорючим [17]. Следовательно, зерно ячменя может быть отнесено к трудногорючим материалам, однако для подтверждения этого необходимы дополнительные испытания по методике ОТМ [18]. Для дополнительной оценки горючести зерна ячменя был проведен эксперимент, с одной стороны, моделирующий его горение при пожаре в зернохранилище, а с другой — обеспечивающий наименьшую тепло-

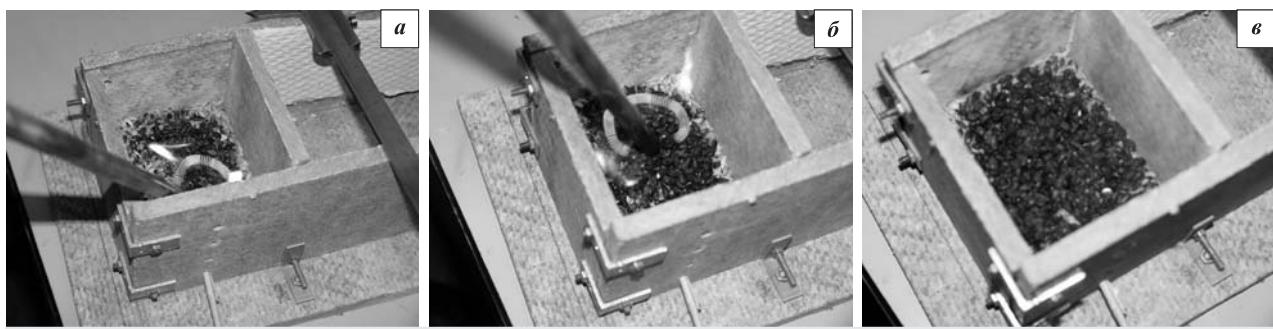


Рис. 2

отдачу из зоны горения, а значит, и наибольшую глубину его обугливания.

В опыте зерно ячменя было помещено в ячейку, изготовленную из асбосцементного листа толщиной 10 мм (рис. 2, *a*), размерами 85×110×100 мм (высота). В боковой стенке ячейки по ее высоте были сделаны 4 отверстия диаметром 10 мм для установки термодатчиков. Высота слоя зерна, засыпанного на дно ячейки, составляла 40 мм. Через канал в боковой стенке ячейки была введена и закреплена предварительно отградуированная хромель-копелевая термопара, изготовленная из проволоки толщиной 0,8 мм. Спай термопары находился в центре ячейки, толщина слоя зерна над спаем составляла 20 мм. Электроды термопары были предварительно пропущены через каналы керамической двухканальной соломки с внешним диаметром 3 мм, что обеспечивало их изоляцию.

Зерно в ячейке подвергалось длительному контактному воздействию раскаленной спирали. В первые несколько минут воздействия наблюдалось пламенное горение ячменя (рис. 2, *б*), которое прекратилось после обугливания его поверхностного слоя (рис. 2, *в*).

После устранения спирали от поверхности зерна его пламенное горение быстро прекращалось, и тления впоследствии также не наблюдалось. После "выжигания" ячменя раскаленной спиралью на поверхности появились зерна серого цвета, что вероятнее всего связано с выгоранием из исходного ячменя органической составляющей и образованием золы с большим содержанием минеральных солей (озолением зерна в результате длительного нагрева и окисления органических веществ).

На рис. 3 представлен график зависимости температуры насыпи ячменя, регистрируемой термопарой, от времени воздействия на него раскаленной спиралью. Как видно из графика, за 60 мин воздействия фронт (граница) обугливания в вертикальном направлении сверху вниз не переместился даже на 20 мм, поскольку температура, зарегистрированная через час после начала действия раскаленной спирали на зерно, достигла только 230 °C. Согласно [2]

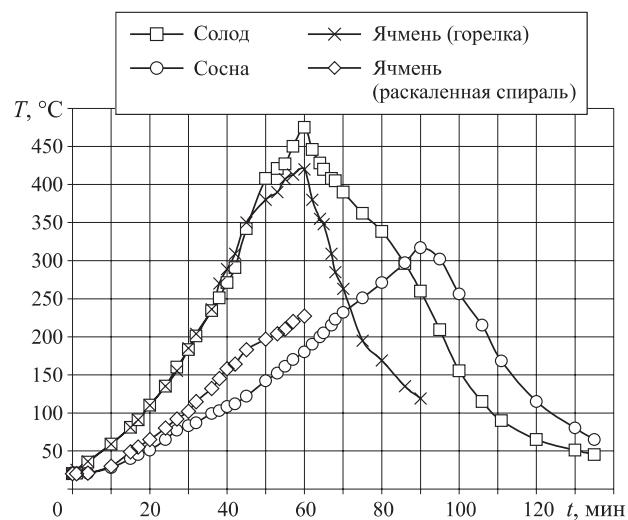


Рис. 3

даже в измельченном зерне ячменя тление возникает лишь при температуре 290 °C.

Таким образом, эксперименты показали, что зерна ячменя не могут самостоятельно гореть в пламенном режиме после удаления от их поверхности источника зажигания с температурой 750 °C, а следовательно, невозможно инициирование его самостоятельного горения тлеющим источником зажигания (например, тлеющим табачным изделием) или электрическимиискрами. Очевидно также, что при падении на слой зерна толщиной более 20 мм обугленных элементов деревянных конструкций он под действием тепла догорающей древесины полностью обуглиться не в состоянии.

Опыты по непосредственному огневому воздействию

Для оценки способности зерна ячменя выгорать при пожаре в наиболее жестких условиях при непосредственном воздействии пламени был проведен следующий эксперимент.

На поверхность слоя ячменя, помещенного в вышеописанную модельную ячейку, выполненную из асбосцементного листа (рис. 4, *a*), воздействовали пламенем пропан-бутановой горелки.

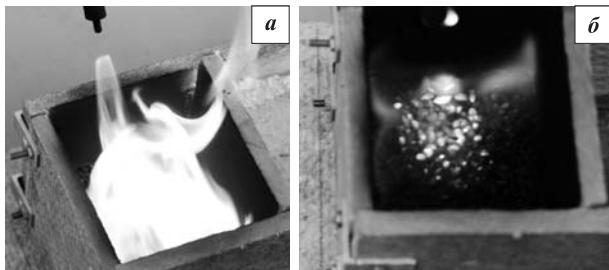


Рис. 4

Высота пламени горелки была отрегулирована и выбрана такой величины (15–20 см), чтобы при действии под углом на край ячейки оно “растекалось” по поверхности зерна, охватывая ее практически полностью. Общая высота слоя зерна в ячейке составляла 40 мм, а над спаем термопары, установленной в центре ячейки (как и в предыдущем опыте), — 20 мм.

Как и в опыте с раскаленной спиралью, после того как горелку отводили от поверхности зерна, наблюдалось непродолжительное самостоятельное пламенное горение, которое быстро прекращалось, а затем продолжалось в виде тления не более 10–15 с (рис. 4, б). После того как произошло обугливание верхнего слоя зерна, пламенного горения после удаления горелки не наблюдалось.

Зависимость температуры зерна, регистрируемой термопарой, от времени действия огня представлена также на рис. 3. Из графика видно, что в течение 45 мин после начала огневого воздействия значение температуры росло примерно с одинаковым темпом до достижения ею 350 °C, а затем скорость ее нарастания снизилась (перегиб на кривой). Вероятнее всего, это связано с полным выделением к тому времени из зерна всех летучих органических веществ и превращением его в карбонизованный остаток с примесью находившихся в исходном зерне минеральных веществ, о чем свидетельствует серый цвет остатков зерна на поверхности (рис. 5).

Можно полагать, что за 45 мин слой ячменя толщиной 20 мм под воздействием пламени горелки практически полностью карбонизовался. Измерение высоты слоя обугленного ячменя показало, что

она составляет не менее 17 мм, т. е. уменьшилась по сравнению с толщиной исходного слоя примерно на 15 %.

Таким образом, эксперимент показал, что скорость обугливания ячменя в условиях интенсивного пожара не превышает 0,45 мм/мин, само же обугливание определяется не способностью ячменя самостоятельно гореть, а исключительно воздействием тепла пожара, выделяющегося при горении строительных конструкций зернохранилища.

Исследование горения ячменного солода

Для опытов был использован сухой ячменный солод в виде зерен. Его измеренная насыпная плотность составила 580 кг/m³. По виду зерно солода напоминает зерно исходного ячменя, но более мягкое на ощупь. Как и в опытах с зерном ячменя, для установления скорости обугливания ячменного солода при пожаре, его способности распространять горение в режимах пламени и тления после прогорания и обрушения деревянных конструкций хранилища были проведены следующие эксперименты.

В первом опыте ячменный солод, сложенный горкой на асбосцементной подложке, подвергали с поверхности контактному воздействию раскаленной никромовой спирали в течение 15 с. Как и в случае с ячменем, почти сразу возникло пламенное горение зерна, прекратившееся спустя примерно 15 с после устранения спирали. Тления солода впоследствии не наблюдалось. Таким образом, ячменный солод, как и исходный ячмень, оказался неспособным самостоятельно гореть без воздействия на него внешнего теплового потока, поддерживающего это горение.

Для оценки способности ячменного солода выгорать при пожаре в наиболее жестких условиях, т. е. при непосредственном воздействии пламени, были проведены эксперименты, аналогичные опытам с зерном ячменя.

Сначала на солод, сложенный горкой на асбосцементном листе, воздействовали пламенем пропан-бутановой горелки (рис. 6, а). Поверхностный слой при этом воспламенялся (рис. 6, б), однако горение прекращалось уже через 10–15 с, и тления впоследствии не наблюдалось.

В опыте с ячменным солодом, помещенным в вышеописанную модельную ячейку из асбосцементного листа, на поверхность слоя воздействовали пламенем пропан-бутановой горелки. Высоту последнего поддерживали 15–20 см, чтобы при действии под углом на край ячейки пламя “растекалось” по поверхности зерна, охватывая ее практически полностью. Общая высота слоя солода в ячейке составляла также 40 мм, а над спаем термопары, уста-

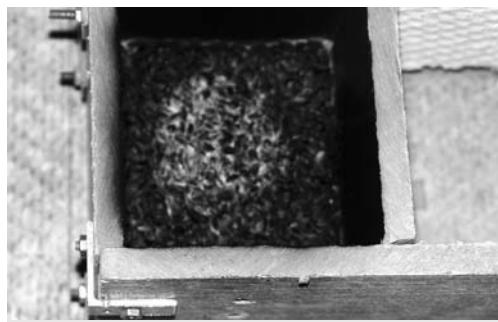


Рис. 5



Рис. 6



Рис. 7

новленной в центре ячейки, как и в опыте с зерном ячменя, — 20 мм.

Как и в опыте с раскаленной спиралью, после удаления горелки от поверхности солода наблюдалось непродолжительное самостоятельное горение, которое быстро прекращалось, и тления в дальнейшем не наблюдалось. После выдерживания пламени горелки до обугливания верхнего слоя солода пламенного горения после устранения источника также не наблюдалось.

Зависимость температуры солода, регистрируемой термопарой, от времени действия пламени горелки представлена на рис. 3. Из рисунка видно, что, как и у ячменя, практически до достижения 400 °C (в течение 50 мин после начала огневого воздействия) температура росла примерно с одинаковым темпом, а затем скорость ее подъема снизилась (перегиб на кривой), что, вероятно, также связано с существенным выделением к этому времени из солода летучих органических веществ, завершением в основном протекания экзотермических реакций в газовой фазе и карбонизацией зерна. Окисление же карбонизованного зерна в толщине слоя оказалось замедленным из-за затрудненной диффузии воздуха через слой зерна.

Таким образом, как и в случае с ячменем, скорость продвижения фронта карбонизации солода примерно та же — 0,4 мм/мин. Однако в отличие от ячменя, у которого карбонизованный слой по толщине был примерно равен толщине слоя исходного зерна — 20 мм, слой солода, подвергшийся в течение 1 ч воздействию высокой температуры, стал больше по толщине примерно в 1,7 раза за счет вспучивания (рис. 7), а покривевшие зерна спеклись в своеобразный “пирог”.

После прекращения воздействия огня температура в слое практически сразу стала снижаться (см. рис. 3), хотя еще примерно полчаса продолжалось выделение из него дыма.

Таким образом, эксперимент показал, что скорость обугливания ячменного солода в условиях интенсивного пожара 0,4 мм/мин примерно такая

же, как и у ячменя. Обугливаться солод способен, как и ячмень, только под воздействием тепла пожара, выделяющегося при горении строительных конструкций зернохранилища.

Как известно, многие органические вещества (материалы) при тепловом воздействии образуют уголь, содержащий так называемые кольчатые структуры, т. е. переходят в наиболее устойчивое состояние существования в условиях высоких температур.

Оценка теплового потока, действовавшего на ячмень и солод при их огневых испытаниях

В приведенных выше опытах по непосредственному воздействию пламени газовой горелки на зерно ячменя и ячменный солод остался неисследованным весьма важный параметр — тепловой поток, под действием которого происходило их обугливание. Теоретически оценить поток тепла, под действием которого происходило обугливание (фактически выжигание) данных материалов, очень сложно. Для древесины же, которая так же, как ячмень и солод, состоит в основном из клетчатки (целлюлозы), зависимость скорости обугливания от действующего на нее теплового потока изучена. Она определяется выражением

$$V_r = 2,2 \cdot 10^{-2} I,$$

где I — тепловой поток, kBt/m^2 [19].

Если определить скорость продвижения фронта карбонизации древесины под действием на нее теплового потока при тех же условиях, что и в опытах по огневому воздействию на ячмень и солод, можно по формуле рассчитать тепловой поток, создававшийся при огневых испытаниях.

Для оценки этого параметра были проведены огневые испытания древесины. В опыте бруск из высушенной сосновой доски размером 85×110×45 мм (высота), помещенный в описанную выше ячейку из асбокементного листа, подвергался воздействию пламени газовой горелки в течение 90 мин. Высота слоя древесины над спаем термопары для повыше-

ния точности эксперимента была увеличена до 35 мм. Зависимость температуры древесины в точке, где находился спай термопары, от времени представлена на рис. 3.

В результате опыта образовался карбонизованный фрагмент с крупноячеистой структурой и глубиной обугливания бруска местами (в трещинах) до 40 мм, что установлено после распиливания образца, т. е. почти на всю первоначальную высоту образца.

Таким образом, определенная опытным путем скорость продвижения фронта обугливания древесины составила примерно 0,39–0,44 мм/мин при тепловом потоке во всех огневых испытаниях 18–20 кВт/м². Такие характеристики тепловых потоков являются максимальными для нижних частей помещения, охваченного пожаром [19].

Обобщение результатов, полученных в экспериментах

Исходя из результатов, полученных при экспериментальных исследованиях, можно прийти к следующим заключениям:

- горение насыпей зерна ячменя и ячменного солода в воздухе возможно исключительно* при

* Авторы не рассматривают случаи возникновения пожара зерна при его самовозгорании.

воздействии на них источника зажигания и прекращается после его удаления. В связи с этим их горение в напольных зернохранилищах происходит только под воздействием тепловых потоков, возникающих во время пожара;

- скорость продвижения фронта обугливания зерна ячменя и ячменного солода в насыпи под действием одностороннего теплового потока 18–20 кВт/м² примерно одинакова и не превышает 0,4–0,45 мм/мин;
- после огневых испытаний остается слой обугленного ячменя высотой примерно на 15 % меньше высоты слоя исходного зерна, а в опытах с солодом происходит не только обугливание, но и всучивание обугленного слоя его зерен с кратностью всучивания 1,7;
- после огневого воздействия экзотермические реакции окисления, сопровождающиеся дымообразованием, протекают в верхней части поврежденного слоя ячменя и солода, в то время как ниже обугленного слоя их тления не наблюдается.

Вывод

Методика определения пожарной опасности насыпей ячменя и ячменного солода, изложенная в данной работе, может быть использована в качестве экспресс-методики для исследования пожарной опасности насыпей других зерновых культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 5060–86. Ячмень пивоваренный. Технические условия. — Введ. 01.07.88. — М. : Изд-во стандартов, 1987.
2. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения : справ. изд. — В 2 кн. / А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук и др. — М. : Химия, 1990.
3. Пожарная опасность веществ и материалов : справочник / Под ред. И. В. Рябова. — М. : Изд-во лит. по стр-ву, 1966.
4. Таубкин С. И., Баратов А. Н., Никитина Н. С. Справочник пожароопасных твердых веществ и материалов. — М. : Изд-во МКХ РСФСР, 1981.
5. Таубкин С. И. Пожар и взрыв. Особенности их экспертизы. — М. : ВНИИПО МВД России, 1999. — 599 с.
6. Васильев Я. В., Семенов Л. И. Взрывобезопасность на предприятиях по хранению и переработке зерна. — М. : Колос, 1983. — 224 с.
7. Вогман Л. П., Горшков В. И., Дегтярев А. Г. Пожарная безопасность элеваторов. — М. : Стройиздат, 1993. — 288 с.
8. Теплов А. Ф., Галкина А. В. Охрана труда на предприятиях по хранению и переработке зерна : справочник. — М. : Агропромиздат, 1989. — 384 с.
9. Клубань В. С., Петров А. П., Рябиков В. С. Пожарная опасность предприятий промышленности и агропромышленного комплекса. — М. : Стройиздат, 1987. — 477 с.
10. ГОСТ 28672–90. Ячмень. Требования при заготовках и поставках. — Введ. 01.07.91 — М. : Изд-во стандартов, 1990.
11. ГОСТ 28418–89 (ИСО 2171–80). Зерновые, бобовые и продукты их переработки. Методы определения зольности. — Введ. 01.07.91. — М. : Изд-во стандартов, 1989.
12. ГОСТ 29294–92. Солод пивоваренный ячменный. Технические условия. — Введ. 01.06.93. — М. : Изд-во стандартов, 1992.

13. СНиП 2.10.02-84. Здания и помещения для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции : утв. 13.06.84 Госстроем СССР ; введ. 01.01.85. — М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1984.
14. СНиП 2.10.05-85. Предприятия, здания и сооружения по хранению и переработке зерна : утв. 28.06.85 Госстроем СССР ; введ. 01.01.86. — М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1988.
15. Инструкция по хранению продовольственно-кормового зерна, маслосемян, муки и крупы. № 9-2. — М. : Министерство заготовок СССР, 1978.
16. Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях. — М. : ВНИИЗ, 1990.
17. Терминологический словарь по пожарной безопасности / Сост. М. С. Васильев, Н. В. Бородкина. — М. : ФГУ ВНИИПО, 2001. — 226 с.
18. ГОСТ 12.1.044-89. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. — Введ. 01.01.91. — М. : Изд-во стандартов, 1989; ИПК "Изд-во стандартов", 1996; 2001.
19. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров / Пер. с англ. ; под ред. Ю. А. Кошмарова, В. Е. Маркова. — М. : Стройиздат, 1990.

Материал поступил в редакцию 28 октября 2010 г.
Электронный адрес авторов: igor-tau@mail.ru.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет новую книгу

ОГНЕТУШИТЕЛИ. УСТРОЙСТВО. ВЫБОР. ПРИМЕНЕНИЕ

Д. А. Корольченко, В. Ю. Громовой



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

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

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

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



Д. В. Катцын
канд. техн. наук, начальник отдела
Департамента технической политики
ОАО “Российские железные дороги”,
г. Москва, Россия



И. Г. Малыгин
д-р техн. наук, профессор, заведующий
лабораторией Института проблем
транспорта РАН им. Н. С. Соломенко,
г. Санкт-Петербург, Россия



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

УДК 614.841.48

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОЖАРОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

На основе анализа данных о пожарах в ОАО “Российские железные дороги” выведены статистические закономерности, характерные для начала XXI века. Проведены оценки: динамики числа пожаров, взаимосвязи числа пожаров и капитальных затрат на противопожарные мероприятия, влияния сезонности и дней недели на число пожаров. Определены законы распределения частоты возникновения пожаров.

Ключевые слова: пожарная безопасность; железнодорожный транспорт; пожары.

Введение

Железнодорожный транспорт является одним из важнейших звеньев в обеспечении жизнедеятельности Российской Федерации. В связи с этим пожары на железнодорожном транспорте представляют особую опасность, поскольку приводят не только к прямому ущербу, но и к сбоям в графике движения поездов, а также к угрозе для близлежащих зданий, сооружений и для находящихся в них людей.

Глобализация рынка транспортных услуг, структурные изменения отечественной экономики, проведение реформы железнодорожного транспорта требуют поиска новых научно обоснованных путей обеспечения необходимого уровня пожарной безопасности железнодорожного транспорта.

Одной из задач успешной борьбы с пожарами на железнодорожном транспорте является изучение статистики пожаров и выявление закономерностей, необходимых для принятия объективных управлеченческих решений. В связи с этим расчет математических закономерностей пожаров на железнодорожном транспорте является чрезвычайно актуальной задачей.

Оценка динамики числа пожаров

Накопленные за период с 2003 по 2009 годы статистические данные о числе пожаров Π в целом на

подвижном составе и объектах инфраструктуры ОАО “РЖД” [1] (табл. 1) свидетельствуют о неуклонном снижении общего числа пожаров. В связи с этим представляется целесообразным построение математической модели динамики пожаров $\Pi(t)$ (t — время в годах), которая позволит прогнозировать возможное их число на ближайший период и принимать соответствующие решения.

Поскольку показатель Π (см. табл. 1) нежелательно описывать степенными полиномами (ввиду возможности получения отрицательных прогнозных значений), с использованием метода наименьших квадратов (МНК) [2] была построена экспоненциальная модель:

$$\Pi^{\text{расч}} = 179 + 113e^{-0,7(t - 2003)}, \quad (1)$$

где t — год.

Адекватность модели (1) была оценена по критерию Фишера [3] ($F = 54,97$): доверительная вероятность составила более 95 %. Об адекватности модели (1) можно также судить, сравнивая значения Π и $\Pi^{\text{расч}}$ из табл. 1 с рис. 1.

Модель (1) может использоваться для краткосрочного (на 1–2 года) прогноза числа пожаров на объектах ОАО “РЖД”. Она может ежегодно уточняться по мере появления новых статистических данных.

Таблица 1. Динамика пожаров на подвижном составе и объектах инфраструктуры ОАО “РЖД” за 2003–2009 гг.

Показатель	Год (<i>t</i>)						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Число пожаров Π	293	232	211	191	189	188	184
Расчетное число пожаров $\Pi^{\text{расч}}$	292	235	207	193	186	182	181
Примечание. Значения $\Pi^{\text{расч}}$ округлены до целых значений.							

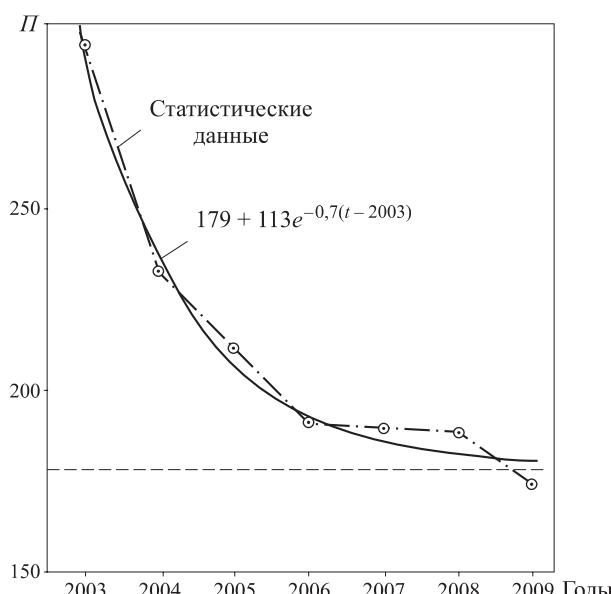


Рис. 1. Динамика числа пожаров на подвижном составе и объектах инфраструктуры ОАО “РЖД” (сравнение статистических данных с расчетными по формуле (1))

Оценка взаимосвязи числа пожаров и капитальных затрат на противопожарные мероприятия

Учитывая опасность пожаров на железнодорожном транспорте, руководство ОАО “РЖД” ежегодно выделяет все больше средств на противопожарные мероприятия, что во многом обуславливает снижение числа пожаров (табл. 2).

На основе статистических данных табл. 2 также с использованием МНК [2] была получена линейная регрессионная модель зависимости числа пожаров Π от величины затрат S :

$$\Pi \approx 194 - 0,025 S. \quad (2)$$

Адекватность модели (2) также оценивалась по критерию Фишера: доверительная вероятность не ниже 85 % (рис. 2).

Таблица 2. Сравнительная динамика затрат на противопожарные мероприятия S и числа пожаров

Показатель	Год				
	2006	2007	2008	2009	2010
S , млн руб.	120	160	300	335	426
Π	191	189	188	184	—

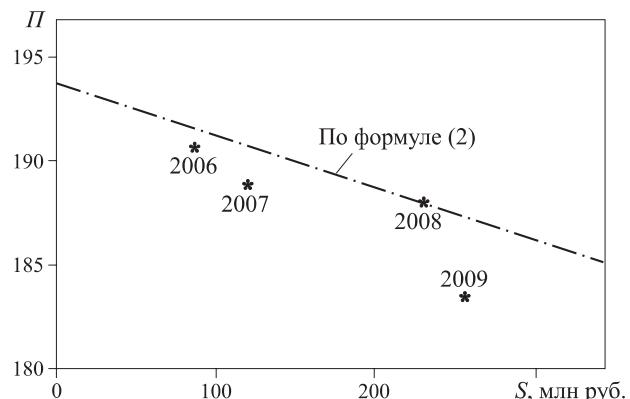


Рис. 2. Зависимость числа пожаров на подвижном составе и объектах инфраструктуры ОАО “РЖД” от затрат на противопожарные мероприятия

Оценка влияния сезонности и дней недели на число пожаров

По имеющимся статистическим данным представляется целесообразным оценить влияние дней недели и месяцев года на частоту пожаров на подвижном составе и объектах инфраструктуры ОАО “РЖД”. Такая оценка была проведена по данным за 2009 г. (табл. 3).

Из табл. 3 и рис. 3 следует, что в 2009 г. наиболее часто пожары возникали на подвижном составе и объектах инфраструктуры ОАО “РЖД” в апреле, наиболее редко — в октябре. По дням недели наибольшее число пожаров отмечалось в середине недели, по вторникам и средам, а наиболее редко — в конце недели, по пятницам и субботам (рис. 4).

Это может быть объяснено в первом случае переходом с зимнего на летний и с летнего на зимний режимы эксплуатации, а во втором — напряженностью графика перевозок в середине недели.

Определение законов распределения частоты возникновения пожаров

Поскольку динамика числа пожаров на подвижном составе и объектах инфраструктуры ОАО “РЖД” носит выраженный случайный характер, представляется целесообразным найти закон распределения частоты пожаров. Для этого может быть использован перечень основных законов распределения дискретных случайных величин [4] (табл. 4), поскольку

Таблица 3. Число пожаров на подвижном составе и объектах инфраструктуры ОАО “РЖД” в 2009 г. по месяцам и дням недели

Месяц	День недели							Всего
	Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота	Воскресенье	
Январь	0	4	2	1	2	3	3	15
Февраль	4	4	0	2	2	1	5	18
Март	3	4	3	0	0	6	2	18
Апрель	1	5	6	1	1	4	4	22
Май	1	1	2	3	5	1	5	18
Июнь	3	1	7	1	4	0	4	20
Июль	3	3	5	5	2	1	0	19
Август	3	3	2	3	2	2	2	17
Сентябрь	4	4	1	0	1	2	2	14
Октябрь	1	2	3	4	0	1	0	11
Ноябрь	2	2	2	2	3	0	3	14
Декабрь	3	3	3	3	2	1	0	15
Всего	28	36	36	25	24	22	30	

число пожаров в течение суток — дискретная величина, принимающая значения 0, 1, 2, 3, ... с соответствующими вероятностями (частотами) $p_0, p_1, p_2, p_3, \dots$.

Обработка статистических данных по пожарам на подвижном составе и объектах инфраструктуры ОАО “РЖД” [1] позволила получить частоты $\{p_i\}$, которые приведены в табл. 5 (в строке “Статистическая частота”).

По полученным статистическим данным по частотам пожаров были вычислены начальные моменты α_j по формуле [5]:

$$\alpha_j = \sum_{i=0}^8 i^j p_i, \quad j = 1, \dots, 4, \quad (3)$$

где i — число пожаров в сутки;

j — номер начального момента.

Их значения составили: $\alpha_1 = 1,82; \alpha_2 = 6,32; \alpha_3 = 28,80; \alpha_4 = 155,61$.

По начальным моментам были определены коэффициенты вариации (относительный разброс) Kv , асимметрии (перекошенность) As и эксцесса (островершинность) Ex [4]:

$$Kv = (\alpha_2 - \alpha_1^2)^{0,5} \alpha_1^{-1}; \quad (4)$$

$$As = (\alpha_3 - 3\alpha_1\alpha_2 + 2\alpha_1^3)(\alpha_2 - \alpha_1^2)^{-1,5}; \quad (5)$$

$$Ex = (\alpha_4 - 4\alpha_1\alpha_3 + 12\alpha_1^2\alpha_2 - 3\alpha_2^2 - 6\alpha_1^4) \times (\alpha_2 - \alpha_1^2)^{-2}. \quad (6)$$

По выражениям (4)–(6) с учетом начальных моментов для данных табл. 5 были рассчитаны значения коэффициентов вариации, асимметрии и эксцесса: $Kv = 0,958; As = 1,021; Ex = 1,249$.

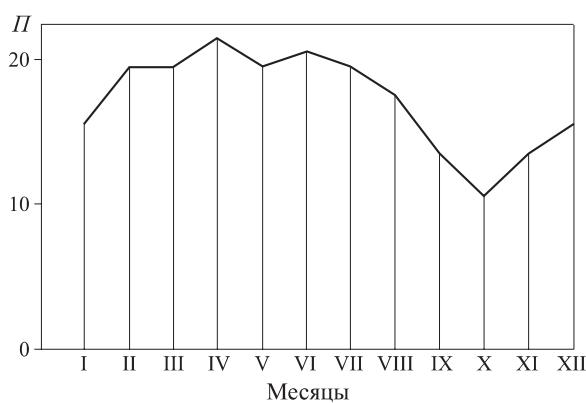


Рис. 3. Динамика пожаров на подвижном составе и объектах инфраструктуры ОАО “РЖД” по месяцам 2009 г.

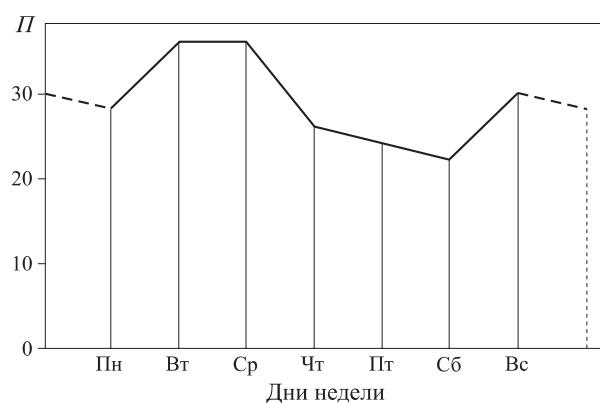


Рис. 4. Динамика пожаров на подвижном составе и объектах инфраструктуры ОАО “РЖД” по дням недели 2009 г.

Для удобства использования номограмм (рис. 5 и 6) были вычислены нормированные значения: $Kv(1 + |Kv|)^{-1} = 0,489$; $As(2 + |As|)^{-1} = 0,337$; $Ex(6 + |Ex|)^{-1} = 0,172$.

С их помощью удалось установить, что наиболее точно частота пожаров на подвижном составе и объектах инфраструктуры ОАО “РЖД” может быть описана законами Пуассона $\text{Ps}_{1,452}$ или Паска-

Таблица 4. Законы распределения дискретных случайных величин

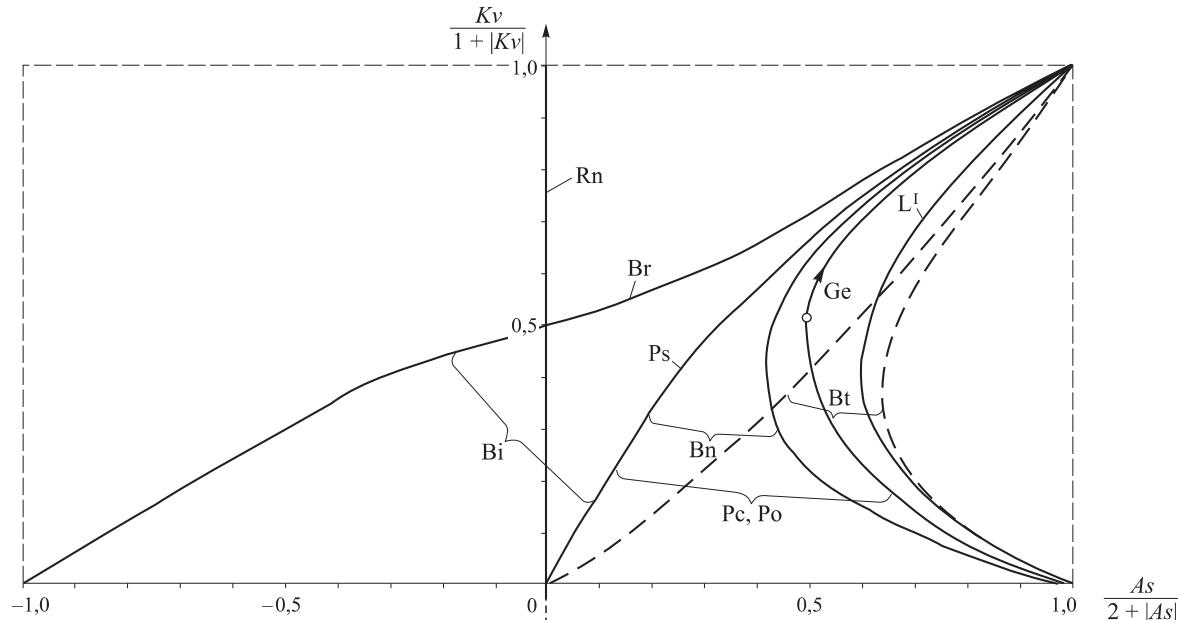
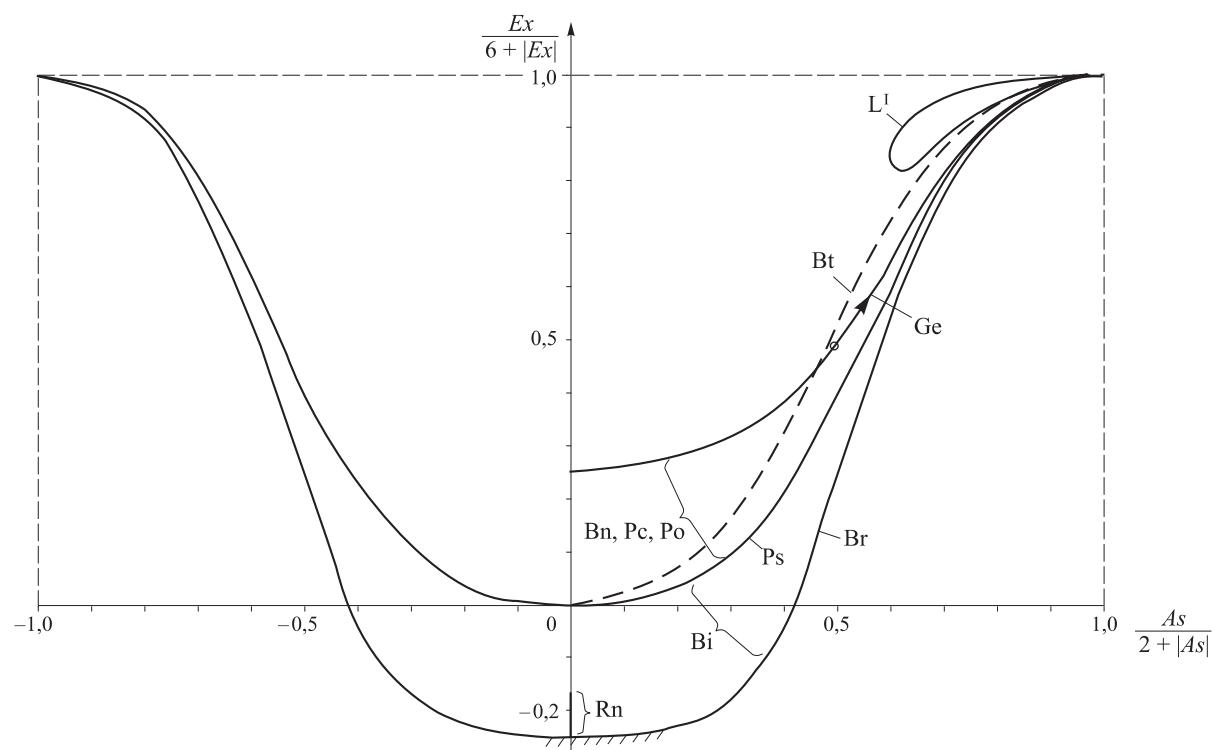
№	Закон, обозначение	Распределение, моменты, параметры	Примечание
1	Равномерный, $\text{Rd}_{a,b,n}$	$p_x = n^{-1}; x_i = [a(n-i) + b(i-1)]/(n-1), i \in [1, n]; \pi = 3; Mt = 0,5(a+b); D = (b-a)^2(n+1)/12(n-1); Kv = (b-a)[(n^2-1)/3]^{0.5}[(a+b)(n-1)]^{-1}; As = 0; Ex = -1,2(n^2+1)/(n^2-1); n^* = [(Ex^* - 1,2)/(Ex^* + 1,2)]^{0.5}; a^* = Mt^* - (3,6D^*/\eta)^{0.5}; b^* = Mt^* + (3,6D^*/\eta)^{0.5}; \eta = (Ex^{*2} - 1,44)^{0.5} - Ex^*; x = \{a[n-1 - \Pi(nr)] + b\Pi(nr)\}, r \in [0; 1]$	Образование потока дискретных случайных чисел на промежутке от a до b . $\Pi(z)$ — целая часть числа z
2	Биномиальный, $\text{Bi}_{q,n}$	$p_x = C_n^x q^x (1-q)^{n-x}; x = 0, 1, 2, 3, \dots; q \in (0; 1); \pi = 2; Mt = nq; Kv = [(1-q)/(nq)]^{0.5}; As = (1-2q)[(1-q)nq]^{-0.5}; Ex = [1-6q(1-q)]/[nq(1-q)]; n^* = (Mt^*)^2/(Mt^* - D^*); q^* = 1 - D^*/Mt^*; Ex = As^2 - 2n^{-1}; As = Kv - (nKv)^{-1}$	При $n \rightarrow \infty$ стремится к нормальному закону
3	Бернулли, Br_q	$p_x = q^x (1-q)^{1-x}; x = 0, 1; Mt = q; Kv = [(1-q)/q]^{0.5}; \pi = 1; x = 1 \text{ при } r < q; As = (1-2q)[(1-q)q]^{-0.5}; Ex = [q(1-q)]^{-1} - 6; q^* = Mt^*; x = 0 \text{ при } r \geq q; Ex = As^2 - 2; As = Kv - Kv^{-1}$	$\text{Br}_q = \text{Bi}_{q,1}, \text{Br}_{0,5} = \text{Rd}_{a,\infty} < D. Bernoulli >$
4	Пуассона, Ps_z	$p_x = z^x \exp(-z)/x!; x = 0, 1, 2, 3, \dots; z > 0; \pi = 1; Mt = D = z; Kv = As = z^{-0.5}; Ex = As^2; z^* = Mt^*$	Закон редких событий $< S.-D. Poisson >$
5	Отрицательный биномиальный, $\text{Bn}_{q,m}$	$p_x = C_m^x q^{x-m} (1-q)^{m-1}; x = m, m+1, m+2, \dots; m > 0; q \in [0; 1]; \pi = 2; Mt = (m+1)/q; Kv = [(1-q)/(m+1)]^{0.5}; As = (2-q)[(m+1)(1-q)]^{-0.5}; Ex = [6 + q^2/(1-q)]/(m+1); Ex = As^2 + 2(m+1)^{-1}; As = Kv + [(m+1)Kv]^{-1}$	
6	Пойя (предельная форма), $\text{Po}_{b,a}$	$p_x = p_0 \prod_{j=1}^x [1 + (a-1)/j](1+ab)^{-1}; p_0 = [1 + (ab)^{-1}]^{-a}; x = 1, 2, 3, \dots; b > 0; a \geq 1; \pi = 2; Mt = b^{-1}; Kv = (a^{-1} + b)^{0.5}; As = (b + 2a^{-1})/Kv = Kv - (aKv)^{-1}; Ex = 2a^{-1} + As^2; b^* = 1/Mt^*; a^* = (Mt^*)^2/(D^* - Mt^*)$	Медицина — моделирование эпидемий инфекционных заболеваний. $\text{Po}_{b,\infty} = \text{Ps}_{1/b} < G. Polia >$
7	Гипергеометрический, $\text{Gg}_{M,N,n}$	$p_x = C_N^x C_L^y (C_M^n)^{-1}, x = \max(0; M - N + n), \dots, \min(M; n); N \geq M; n \geq x; \pi = 3; y = n - x; Mt = nM/N; Kv = [(N-M)(N-n)/(N-1)nM]^{0.5}, N > 1; As = (N-2M)(N-2n)(N-2)^{-1}(N-1)^{0.5}[nM(N-M)(N-n)]^{-0.5}, N > 2; Ex = N^2(N-1)(k_1 + k_2 - 6)/[n(N-2)(N-3)(N-n)], N > 3; k_1 = [N(N+1) - 6n(N-n)]/(N-M)M; k_2 = 6n(N-n)(5N-6)/(N-1)N^2$	Контроль качества продукции
8	Геометрический (Фарри), Ge_q	$p_x = q(1-q)^x; x = 0, 1, 2, \dots; q \in [0; 1]; \pi = 1; Mt = q^{-1} - 1; Kv = (1-q)^{-0.5}; As = (2-q)(1-q)^{-0.5}; Ex = 6 + q^2/(1-q); En = -\log_2 q - (1-q^{-1})\log_2(1-q); q^* = (1+Mt^*)^{-1}; Ex = As^2 + 2; As = Kv + Kv^{-1}$	$\text{Ge}_q = \text{Pc}_{q,1}; \text{Ge}_q = \text{Po}_{x,q}$. При $q \rightarrow \infty$ стремится к экспоненциальному закону
9	Паскаля, $\text{Pc}_{q,m}$	$p_x = C_L^x q^m (1-q)^x; x = 0, 1, 2, \dots; m > 0; q \in [0; 1]; L = x + m - 1; \pi = 2; Mt = -m(1-q^{-1}); Kv = [m(1-q)]^{-0.5}; As = (2-q)[m(1-q)]^{-0.5}; Ex = [6 + q^2/(1-q)]/m; q^* = Mt^*/D^*; m^* = (Mt^*)^2/(D^* - Mt^*); As = Kv + (mKv)^{-1}; Ex = As^2 + 2m^{-1}$	Целочисленный аналог закона Эрланга, отрицательный биномиальный-2 $< B. Pascal >$
10	Логарифмический-1, L_q^I	$p_x = q^x / \ln(1-q)^{-x}; x = 1, 2, 3, \dots; q \in [0; 1]; c = -q/\ln(1-q); \pi = 1; Mt = c/(1-q); M_0 = 1; Kv = (c^{-1} - 1)^{0.5}; As = (1+q - 3c + 2c^2)/[c^{0.5}(1-c)^{1.5}]; Ex = [6 + 4q + q^2 - (7+q)c + 12c^2 - 6c^3]/[c(1-c)^2]$	
11	Логарифмический-2, L_m^II	$p_x = \log_m(1+x^{-1}); x = 1, 2, \dots, m-1; m > 2; \pi = 1; M_0 = 1; Mt = m-1 - \log_m(m-1)!; D = 2(m-1) \log_m(m-1)! - [\log_m(m-1)!]^2 - \log_m \prod_{k=2}^{m-1} k^{2k-1}$	
12	Бореля–Таннера, $\text{Bt}_{m,q}$	$p_x = m(qx)^{x-m} / [x(x-m)! \exp(qx)], x = m, m+1, m+2, \dots; m \geq 1, q \in (0; 1); \pi = 2; Mt = m/(1-q); D = mq/(1-q)^3; Kv = [m(q^{-1}-1)]^{-0.5}; As = (1+2q)/[mq(1-q)]^{0.5}; Ex = (6q^2 + 8q + 1)/[mq(1-q)]; m^* = 0,5Mt^*(K^{0.5} - Mx^*/D^*); q^* = 1 + 0,5Mt^*/D^* + K^{0.5}; K = (Mt^*/D^*)^2 + 4Mt^*/D^*; As = (1+2q)q^{-0.5}Kv^2; Ex = (6q + 8q + 1)[q(1+2q)^2]^{-1}As^2$	Распределение числа обслуженных заявок из очереди в одноканальной СМО с пуссоновским входным потоком и постоянным временем обслуживания (q — приведенная нагрузка, $m > 0$ — число заявок в очереди к началу обслуживания) $< E. Borel, J. C. Tanner >$

Примечание. Mt — математическое ожидание; π — число параметров закона; $\Pi(x)$ — целая часть числа x ;
 $C_n^k = n!/k!(n-k)!$ — число сочетаний из n по k .

Звездочкой * обозначены параметры законов, определяемые по экспериментально найденным характеристикам (моментам).

Таблица 5. Частота возникновения пожаров на подвижном составе и объектах инфраструктуры ОАО “РЖД”

Закон распределения	Число пожаров в сутки								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Статистическая частота	0,2410	0,2974	0,1897	0,1077	0,0821	0,0359	0,0256	0,0103	0,0103
Закон Пуассона	0,2341	0,3349	0,2468	0,1194	0,0434	0,0105	0,0031	0,0006	~0,0001
Закон Паскаля	0,2524	0,2787	0,2051	0,1258	0,0694	0,0358	0,0154	0,0083	0,0038

**Рис. 5.** Номограмма “относительный разброс – относительная перекошенность” для некоторых законов распределения дискретных случайных величин**Рис. 6.** Номограмма “относительная острорезинность – относительная перекошенность” для некоторых законов распределения дискретных случайных величин

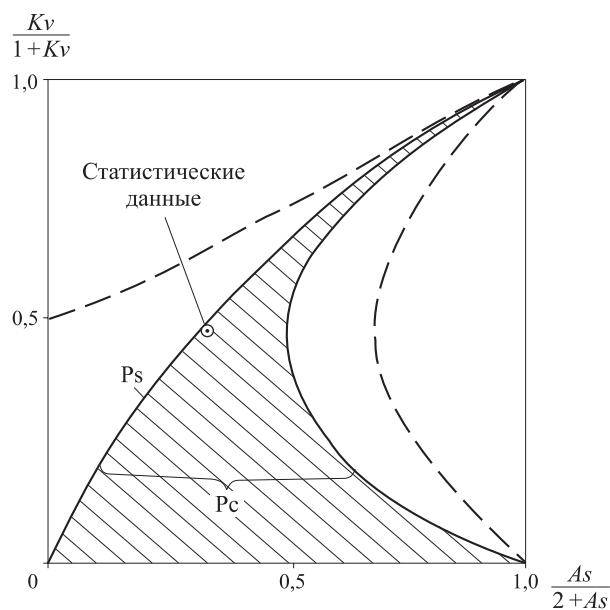


Рис. 7. К определению закона распределения в координатах “относительный коэффициент вариации – относительный коэффициент асимметрии”

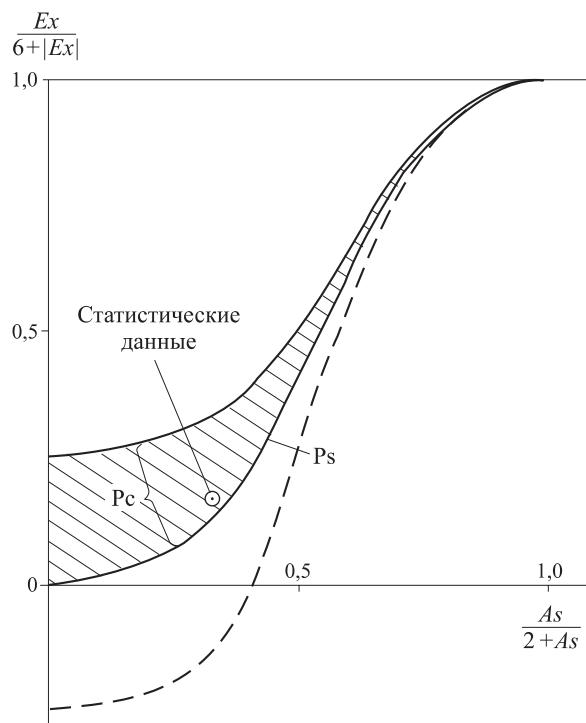


Рис. 8. К определению закона распределения в координатах “относительный коэффициент эксцесса – относительный коэффициент асимметрии”

ля $\mathbf{Pc}_{0,632;3}$ (рис. 7 и 8). Насколько точно эти законы соответствуют статистическим данным, проверено по критерию Пирсона [5] (доверительная вероятность не менее 95 %) и следует из рис. 9.

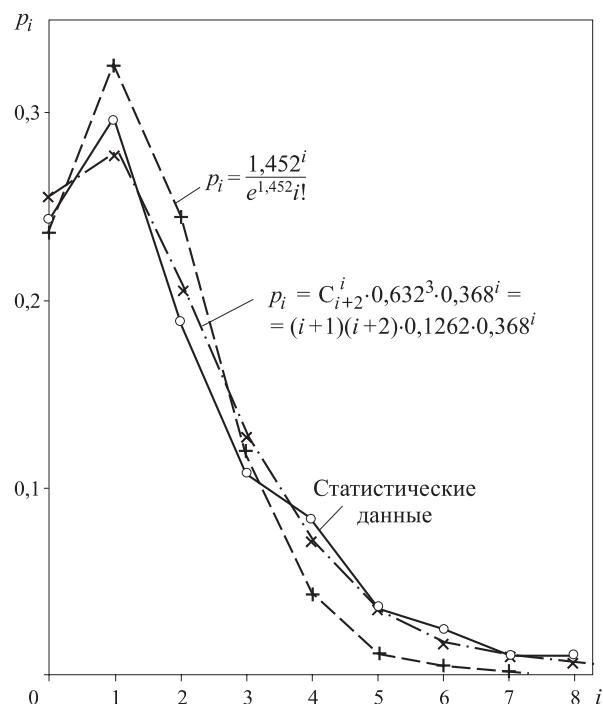


Рис. 9. К оценке соответствия статистических данных (O) по пожарам на подвижном составе и объектах инфраструктуры ОАО “РЖД” законам распределения Пуассона (+) и Паскаля (x)

Таким образом, вероятность того, что за сутки на подвижном составе и объектах инфраструктуры ОАО “РЖД” произойдет ровно i пожаров, может быть для ближайшего периода оценена из следующих выражений:

- по закону Пуассона ($\mathbf{Ps}_{1,452}$):

$$p_i = 1,452 \exp(-1,452)/i!; \quad (7)$$

- по закону Паскаля ($\mathbf{Pc}_{0,632;3}$):

$$\begin{aligned} p_i &= C_{i+2}^i \cdot 0,632^3 \cdot 0,368^i = \\ &= (i+1)(i+2) \cdot 0,1262 \cdot 0,368^i, \end{aligned} \quad (8)$$

где i — число пожаров в сутки; $i = 1, 2, 3, \dots$.

Выводы

Таким образом, на основе статистических данных о пожарах на объектах железнодорожного транспорта в начале XXI века получен тренд, позволяющий прогнозировать число пожаров. По данным за 2009 г. определены статистические законы распределения числа пожаров за сутки и выдвинута гипотеза о влиянии дня недели и месяца года на частоту возникновения пожаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчет о статистике пожаров в ОАО “РЖД”. — М. : ОАО “РЖД”, 2009.
2. Математическая статистика / Под ред. проф. А. М. Длина. — М. : Высшая школа, 1975.
3. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. — М. : Наука, 1971.
4. Таранцев А. А. Случайные величины и работа с ними / Под ред. В. С. Артамонова. — СПб. : Изд-во СПБУ ГПС МЧС России, 2007.
5. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. — Изд. 5-е, стереотип. — М. : Высшая школа, 1998.

*Материал поступил в редакцию 19 декабря 2010 г.
Электронный адрес авторов: t_54@mail.ru.*

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

Учебное пособие

В. Н. Черкасов, В. И. Зыков

Обеспечение пожарной безопасности электроустановок



Рецензенты: Федеральное государственное учреждение Всероссийский орденом «Знак почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России, кафедры физики и пожарной безопасности технологических процессов Академии ГПС МЧС России.
В учебном пособии рассмотрены общая схема электроснабжения потребителей, классификация электроустановок и причины пожаров от них, а также вероятностная оценка пожароопасных отказов в электротехнических изделиях и пожарная безопасность комплектующих элементов. Приведены нормативные обоснования и инженерные решения по обеспечению пожарной безопасности электроустановок и защите зданий и сооружений от молний и статического электричества. Учебное пособие предназначено для практических работников в области систем безопасности и может быть использовано для подготовки и повышения квалификации специалистов соответствующего профиля.



**Web-сайт: firepress.ru
Эл. почта: mail@firepress.ru, izdat_pozhnauka@mail.ru
Тел.: (495) 228-09-03, тел./факс: (495) 737-65-74**

**А. В. Волокитина**

д-р с.-х наук, ведущий научный сотрудник
лаборатории лесной пирологии Института
леса им. В. Н. Сукачева СО РАН,
г. Красноярск, Россия

**Т. М. Софонова**

канд. с.-х.наук, доцент Красноярского
государственного педагогического
университета им. В. П. Астафьева,
г. Красноярск, Россия

УДК 634.0.43

ЗАЩИТА НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ОТ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ

Рассмотрены теоретические и практические вопросы защиты населенных пунктов от чрезвычайных ситуаций, связанных с природными пожарами. Проанализировано состояние данного вопроса в России и за рубежом. Приведены примеры уничтоженных пожарами поселков, которые были обследованы авторами статьи. Предложен вариант защиты на основе использования прогноза поведения природных пожаров.

Ключевые слова: природные пожары; оценка текущей пожарной опасности; прогноз поведения пожара; карты растительных горючих материалов; противопожарное устройство территории; активные меры защиты; отжиг.

Введение

С каждым годом проблема защиты населенных пунктов от природных пожаров (т. е. от лесных, кустарниковых, степных, луговых, болотных и др.) становится все острее. Особенно грозно огненная стихия показала свою мощь летом 2010 г. в центральных областях России. Повторение подобной катастрофической ситуации в других регионах вполне возможно, так как “климатическая болтанка” на планете усиливается. Все чаще СМИ сообщают об ураганах, наводнениях, а также о засухах, которые сопровождаются вспышками природных пожаров. Уничтожаются леса, дымят болота, горят поселки, гибнут люди. Видимо, пришло время всерьез заняться пожарной проблемой. И не только в плане наращивания технической силы, поскольку она несопоставима с мощью стихии огня.

Природные пожары являются серьезной проблемой еще и потому, что в периоды сильных засух их число резко возрастает. Часть возникших пожаров, которые не успевают потушить или плохо локализуют, достигают крупных размеров, создавая чрезвычайные ситуации, если на пути пожаров оказываются населенные пункты или другие важные объекты. Защитить их вполне возможно, даже не прибегая во многих случаях к помощи МЧС с его воздушными танкерами, если к защите подготовиться заблаговременно.

За рубежом в вопросах защиты населенных пунктов от природных пожаров особое внимание уделяется оценке пожарной опасности территорий вокруг поселков и зданий. При этом учитывается: 1) при-

родная пожарная опасность; 2) рельеф; 3) частота пожаров за прошлые годы; 4) дорожная сеть [1, 2]. Особо выделяется непосредственно прилегающая к каждому дому территории в зоне радиусом до 30–60 м, поскольку считается, что загорания зданий происходят от нагревания их стен непосредственно пламенем пожара. Лишь в одной работе мы нашли указание, что согласно модели по оценке возгораний зданий от природных пожаров основным фактором являются горящие частицы [3].

В США, Канаде и Австралии считают, что основная опасность для населения исходит от горения самих домов, а в странах Средиземноморья, где от природных пожаров дома загораются редко, полагают, что их можно рассматривать даже в качестве убежищ [4]. В Австралии после “черной субботы” в феврале 2009 г., когда погибло много людей, была выработана следующая стратегия: во время природного пожара не эвакуироваться, если уже поздно, а оставаться и защищать свои дома от загорания, если была проведена предварительная подготовка к такой ситуации. Вызвано это тем, что чаще всего люди погибают во время эвакуации при несвоевременном оповещении [5]. Идея превращать здания в объекты, неуязвимые для природного пожара, существует и в США. Предлагается даже такой подход, когда службы пожаротушения не пытаются любыми способами остановить приближающийся пожар, а позволяют ему пройти через населенный пункт, специально подготовленный к огневой атаке [3]. Следует заметить, что в России, где дома в лесных посел-

© Волокитина А. В., Софонова Т. М., 2011

ках и деревнях в основном деревянные, такой подход невозможен.

Итак, за рубежом основное внимание уделяется пассивному методу защиты населенных пунктов от природных пожаров путем повышения огнестойкости зданий и проведения противопожарных мероприятий на территории вокруг каждого здания в зоне радиусом 30–60 м. При этом не учитывается тот факт, что опасность для населенных пунктов обычно возникает в периоды экстремальных погодных условий — при очень сильной засухе и ветре, когда свойства горючих материалов, характер их горения и распространения горения очень сильно меняются.

Нашей задачей было рассмотреть условия, при которых могут возникать чрезвычайные ситуации вблизи населенных пунктов, связанные с природными пожарами, а также проанализировать способы защиты, дополнить их или усовершенствовать и показать предлагаемые меры на примере конкретного поселка.

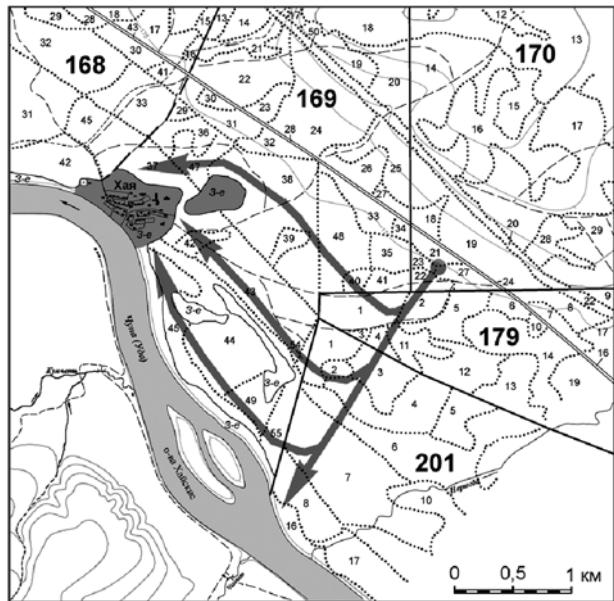
Условия возникновения загораний от природных пожаров в населенных пунктах

Анализ чрезвычайных ситуаций, связанных с природными пожарами, показывает, что угрозу для населенных пунктов создают, как правило, не пожары, возникающие в непосредственной близости от них (поскольку они обычно оперативно ликвидируются), а крупные природные пожары, пришедшие со стороны. Так было летом 2010 г., так бывало и раньше. В качестве примера рассмотрим два случая уничтожения крупными пожарами, низовым и верховым, населенных пунктов, которые мы лично обследовали после пожаров.

Описание крупного лесного пожара в Богучанском районе Красноярского края

Пожар возник в июле 1994 г. и уничтожил деревню Хая, расположенную в 18 км восточнее поселка Осиновый Мыс на правом берегу реки Чуна. В деревне было 30 домов. Деревня занимала площадь около 20 га и была окружена сосновым лесом высотой 16–18 м с покровом из лишайников и зеленых мхов. С юго-восточной стороны лес находился очень близко от деревни, с северной стороны — на расстоянии 100–200 м (рис. 1).

Пожар возник 26 июля в 2,5 км восточнее деревни. Ветер дул с северо-востока. Пожар вначале достиг реки Чуна в 2 км южнее деревни и был частично локализован. Но 28 июля ветер подул с юго-востока и при этом усилился, в результате чего длинная правофланговая кромка пожара превратилась в широкий фронт, который стал распространяться в сторону деревни. На отдельных участках пожар



Условные обозначения:



Поля



Дороги



Квартальные просеки; номера кварталов



Границы и номера выделов



Направление распространения пожара

Рис. 1. Схема распространения лесного пожара 26–29 июля 1994 г., от которого сгорела деревня Хая

развился в верховой. По рассказам очевидцев, деревня была буквально засыпана горящими частицами и сгорела. Остались только три дома. Необходимо отметить, что вблизи от границы с территорией деревни пожар не был верховым, а только сильным низовым. Это было установлено нами в ходе специальных маршрутных обследований. В западной части пожарища (севернее деревни) был густой сосняк (полнота 0,8) высотой 18 м, покров лишайниково-зеленомошный.

Несгоревший лес восточнее пожарища имел следующую характеристику: сосновый жердняк в возрасте 35 лет, высотой 8 м, с полнотой 0,5 на бывшей вырубке. Покров лишайниковый толщиной 3 см с покрытием 70 % и опад толщиной 1 см; пятна толокнянки с покрытием 15 %; подстилки практически нет. Рядом, на месте соснового молодняка, которому во время пожара было 20 лет, находится 15-летняя гарь. При пожаре древостой погиб и стал вываливаться.

Из анализа развития данной чрезвычайной лесопожарной ситуации можно сделать следующие выводы: 1) населенные пункты могут загораться не только от верховых, но и от сильных низовых пожаров; 2) достаточно крупный природный пожар (площадью более 100 га), действующий недалеко от населенного пункта, в случае изменения направления

ветра может создать реальную угрозу населенному пункту, которая усугубляется тем обстоятельством, что длинный фланг пожара превращается в широкий фронт.

**Описание катастрофического лесного пожара
в Тункинском национальном парке
(Республика Бурятия)**

Пожар действовал на территории, которая представляет собой как бы остров (размером 10×17 км), возвышающийся на 100 м среди заболоченных пространств Тункинской долины и расположенный между двумя притоками реки Иркут – Енаргой (с запада) и Тункой (с востока). Эта территория покрыта сосняками, среди которых преобладают рододендроновые, злаково-разнотравные и бруснично-разнотравные сосняки в возрасте 30–90 лет (т. е. жердняки и средневозрастные насаждения).

Пожар возник 13 мая 1996 г. в 14 часов на сельскохозяйственных землях южнее квартала 136 Кыренского лесничества, возле дороги. Стояла засушливая погода (IV класс засухи), дул сильный юго-западный ветер. Именно в этом направлении (т. е. на северо-востоке от точки возникновения пожара) находились два населенных пункта: в 7 км, почти в центре соснового массива, — небольшой поселок Солнечный (научная база Института солнечной и земной физики) и в 16 км, у восточной границы соснового массива, — село Улбугай (рис. 2).

Под влиянием сильного ветра лесной пожар стал быстро распространяться на северо-восток с возрастающей интенсивностью, развившись на многих участках в верховой пожар. Поселок Солнечный был засыпан горящими частицами, жители своевременно покинули поселок и спаслись от пожара в ближайшем болотце, поэтому жертв не было. Из шести домов сгорели три.

Около 19 часов пожар в форме верхового огня с шириной фронта более 2 км (общая ширина фронта всего пожара 5–6 км) достиг восточной границы соснового массива, в полукилометре от которой находилось село Улбугай. Порывы ветра достигали скорости 30 м/с. Село было буквально засыпано горящими частицами и ветками, дома загорелись. Для жителей это было полной неожиданностью, они в панике покинули горящее село и спаслись на заболоченной безлесной равнине. Но четверо жителей не успели убежать и погибли. Из 30 домов сгорело 26. Погиб почти весь скот.

Анализируя описанные и многие другие чрезвычайные ситуации, связанные с природными пожарами, можно прийти к заключению, что загорания домов в населенных пунктах непосредственно от пламени природного пожара случаются не так часто, поскольку дома и сами населенные пункты бывают окружены негоримыми площадями (полями,

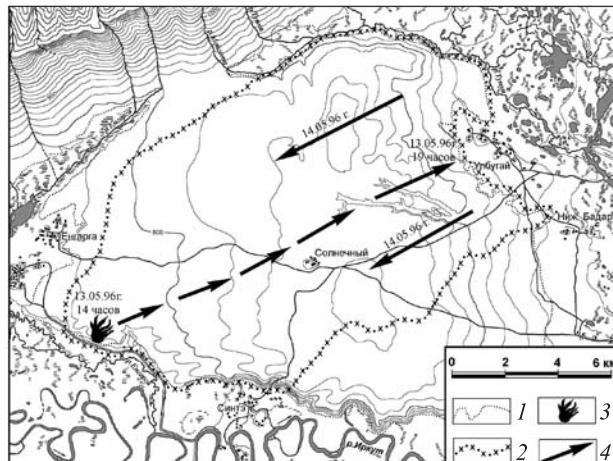


Рис. 2. Схема развития крупного лесного пожара в Тункинской долине (Бурятия): 1 — граница леса; 2 — граница пожарища; 3 — место возникновения пожара; 4 — направление распространения пожара

огородами, улицами, дорогами и т. п.). Обычно загорания возникают от горящих частиц, которые разбрасываются перед фронтом пожара. Количество горящих частиц и дальность их переноса зависят от интенсивности природного пожара и скорости ветра. От сильных пожаров при сильном ветре пятнистые загорания растительного покрова (а следовательно, и домов) могут возникать на расстоянии до 400–500 м.

Анализ существующих методов защиты населенных пунктов от природных пожаров

При приближении пожара к населенному пункту от разбрасываемых горящих частиц загораются отдельные деревянные строения, затем огонь распространяется на другие дома. Поэтому во многих рекомендациях по защите населенных пунктов от природных пожаров [6, 7] можно выделить две группы мероприятий:

- во-первых, профилактические меры противопожарной безопасности внутри самих населенных пунктов, чтобы снизить риск загораний и воспрепятствовать распространению пожара внутри населенного пункта;
- во-вторых, меры по снижению пожароопасности на территории, прилегающей к населенному пункту, и по созданию противопожарных преград на ней, чтобы воспрепятствовать приближению природного пожара на опасное расстояние.

Внутри населенного пункта мероприятия проводятся в соответствии с существующими правилами пожарной безопасности в населенных пунктах. Особое внимание обращается на наличие первичных средств пожаротушения в домах и на участках, создание запасов воды, оборудование подъездов для забора воды из источников (река, озеро, пруд) и т. п.

На прилегающей к населенному пункту территории рекомендуется создание защитной негоримой или слабо горимой зоны за счет ее расчленения различными противопожарными барьерами (минерализованные полосы, бульдозерные полосы, служебные борозды) и за счет уменьшения запасов растительных горючих материалов на этой территории (удаление захламленности, вырубка хвойного подроста, обрубка нижних сучьев на деревьях, проведение профилактических палов и т. п.). Комплекс таких мероприятий можно рассматривать как метод *пассивной защиты* населенного пункта.

Из активных мер защиты рекомендуется тушение кромки приблизившегося пожара всеми доступными способами. Иногда упоминаются “встречный пал”, “встречный отжиг”, “встречный огонь”.

Эффективность применения существующих рекомендаций низкая по следующим причинам:

1. Меры по снижению запасов растительных горючих материалов на территории вокруг поселка зачастую оказываются недейственными, поскольку, во-первых, запасы постоянно пополняются за счет лесного опада, древесного отпада и отмирания трав; во-вторых, в сильную засуху могут гореть те виды горючих материалов, которые при обычной погоде не горят. Интенсивность природного пожара зависит также не только от запаса сгорающих горючих материалов, но и от скорости распространения кромки пожара под влиянием ветра. При сильном ветре даже при небольшом запасе горючих материалов интенсивность горения на кромке может быть очень высокой.

2. Сильный природный пожар, особенно крупный, легко преодолевает противопожарные барьеры, минерализованные полосы, дороги и пр. за счет разброса горящих частиц перед фронтом пожара. Дальность переноса горящих частиц, особенно при сильном ветре, может достигать 400–500 м. Поэтому окружение населенного пункта минерализованными полосами, даже бульдозерными, не останавливает природный пожар. И даже если пожар удалось остановить на расстоянии 100–200 м от населенного пункта, то горящие частицы, попавшие на его территорию, могут вызвать загорание домов.

3. При защите населенных пунктов почти не используется простой и очень эффективный метод тушения кромки сильного пожара (в том числе верхового) — *отжиг*. Есть данные о том, что еще до революции сибирские крестьяне успешно защищали свои деревни от лесных пожаров именно отжигом, следовательно способ этот не новый. Данный способ также рассматривается как оптимальный в практических рекомендациях, разработанных в Институте леса им. В. Н. Сукачева СО РАН [8]. В настоящее время отжиг при тушении лесных пожаров приме-

няется широко в “Авиалесоохране”. Однако в районах наземной охраны, где размещаются населенные пункты, отжиг почти не используется, в том числе при защите населенных пунктов.

Причин этому несколько. Одна из них состоит в терминологической путанице, которая продолжается уже более 100 лет и заключается в том, что практический, безопасный и очень эффективный *отжиг* часто путают с чрезвычайно опасным *встречным огнем*.

Метод тушения встречным огнем был придуман в XIX веке А. Левизом [9]. Он предложил тушить верховой пожар другим верховым пожаром такой же силы, искусственноенным и направленным навстречу первому. При столкновении фронтов пожаров должно было происходить их взаимное уничтожение. Эта фантастическая картина “схватки” двух стен огня привлекала внимание писателей, и они охотно изображали ее в своих произведениях. Поэтому неверное представление о *встречном огне* получило широкое распространение, хотя на практике нет примеров его успешного применения [10].

Метод *отжига* в отличие от *встречного огня* заключается не в тушении огня встречным огнем, а в уничтожении горючих материалов перед кромкой пожара, выжигании опада и напочвенного покрова слабым огнем против ветра, вследствие чего распространение низового пожара удается остановить. Прекращается также распространение и верхового пожара, поскольку без поддержки низового огня верховой пожар при неураганном ветре может распространяться не более чем на 200 м [11].

Отжиг в России стали применять с начала XX столетия. Именно тогда метод *встречного огня* подвергся самой суровой критике. Указывалось на фантастичность этой выдумки и ее чрезвычайную опасность при попытке осуществления на практике. Информация об опасности *встречного огня* стала общеизвестной.

К сожалению, в настоящее время *отжиг* зачастую называют *встречным огнем* (*встречным отжигом*, *встречным палом*). Н. П. Курбатский [11] называл отжиг *встречным низовым огнем*. Следует заметить, что в действующих официальных “Указаниях по обнаружению и тушению лесных пожаров” [12] *отжиг* называется именно *отжигом*. Однако указания мало кто читает, поэтому существует вредная терминологическая путаница, из-за которой вполне обоснованное негативное отношение к очень опасному методу *встречного огня* переносится и на безопасный *отжиг* как среди населения, так и среди чиновников, которые руководят защитой населенных пунктов от природных пожаров.

В результате у населения сформировался серьезный психологический барьер. Люди опасаются

зажигать лес и не хотят якобы губить его даже ради спасения своих домов. Они не понимают того, что слабый огонь отжига практически не вредит древостою, а, наоборот, спасает его от губительного сильного пожара. Разъяснять это некому, так как среди работников наземной лесопожарной охраны почти полностью отсутствуют люди, знакомые с отжигом на практике.

Существуют и технические трудности в организации и проведении отжига. Необходимо вначале создать вокруг населенного пункта опорную полосу, длина которой может достигать нескольких километров. На это требуется немало времени, которого во время приближения пожара обычно не бывает.

Данная ситуация может быть решена просто:

- во-первых, необходимо вокруг каждого населенного пункта, которому угрожает природный пожар, проложить заранее, в процессе противопожарного устройства, опорную полосу для отжига и поддерживать ее в готовности (ежегодно очищая от опада и застания травами), чтобы в случае угрозы можно было буквально в считанные минуты приступить к отжигу;
- во-вторых, надо в таких поселках создать добровольные пожарные дружины и ознакомить их членов с методом отжига, желательно не только теоретически, но и на практике (например, во время проведения целевых палов).

Следует заметить, что заблаговременное окружение населенного пункта опорной полосой для отжига также предлагалось в упомянутых выше практических рекомендациях [8].

Оценка населенных пунктов и других объектов по степени риска возникновения чрезвычайных ситуаций от лесных пожаров

На основании известных закономерностей распространения и развития природных пожаров, а также анализа случаев уничтожения природными пожарами населенных пунктов предлагается следующая методика по выявлению населенных пунктов и других объектов, которым могут угрожать природные пожары. Методика включает следующие этапы.

1. В районах, относящихся к таежной зоне, в первую очередь выделяются населенные пункты, расположенные на территории с преобладанием хвойных лесов (поскольку в хвойных лесах могут развиваться верховые пожары); для этого можно использовать карты лесов, карты лесного фонда и среднемасштабные карты растительных горючих материалов.

2. В районах лесостепной зоны выделяются также населенные пункты (в том числе дачные поселки, садовые товарищества) с наличием поблизости от них не только лесных участков, но и примыкающих к поселку открытых и частично открытых (с курти-

нами деревьев и кустарников) участков, имеющих развитый травостой, особенно злаковый.

3. В районах таежной зоны из выделенных населенных пунктов выбираются такие, у которых расстояние от крайних домов до опушки хвойного леса менее 500 м. Для этого используются планы лесонасаждений, топографические карты масштаба 1:25 000, аэрофотоснимки (можно и обычные снимки, сделанные с борта самолета или вертолета) и космоснимки с большим разрешением (из Интернета). Ограничиваются только планом лесонасаждений нельзя ввиду того, что территория, прилегающая к поселку с лесными участками на ней, может не относиться к гослесфонду.

4. Для выбранных населенных пунктов оценивается их расположение на рельефе в плане влияния последнего на направление и скорость ветра. Особое внимание обращается на объекты, расположенные в местах, где возможно усиление ветра (например, в сужениях глубоких долин); для этого используется топографическая карта.

5. На основании анализа вышеперечисленных карт уточняется вероятность приближения к данному населенному пункту крупных природных пожаров на опасное расстояние, их возможный характер и оценивается риск угрозы населенному пункту.

6. Оценка угрозы природных пожаров другим ценным объектам, расположенным в лесу (например, нефтедобывающим промыслам), выполняется по этой же методике.

Используя данную методику, мы проанализировали расположение населенных пунктов в Красноярском Приангарье. Ниже приводится список населенных пунктов, имеющих риск повреждения природными (лесными) пожарами:

а) вблизи от реки Ангара — Нижнетерянск, Каменка, Артюгино, Ангарский, Гремучий, Красногорьевский, Шиверский, Хребтовый, Манзя, Пинчуга, Ярки, Богучаны, Гольтиянино, Говорково, Таежный, Карабула;

б) вблизи от реки Чуна — Первомайск, Бурный, Осиновый Мыс, Новохайский, Чунояр, Октябрьский.

Противопожарное устройство территории вокруг населенного пункта

Населенные пункты уничтожаются, как правило, крупными природными пожарами, которые могут разбрасывать перед своим фронтом горящие частицы на расстояние до 500 м. Поэтому главная задача при защите населенного пункта от такого пожара — не допустить его приближения к населенному пункту на опасное расстояние (менее 500 м).

Существует два способа решения этой задачи, два метода защиты — *пассивный* и *активный* [8].

При пассивном методе на территории вокруг поселка создают различные противопожарные барьеры и снижают пожароопасность насаждений. Именно эти мероприятия являются основой большинства существующих рекомендаций. Однако их эффективность невысока.

Из активных методов самым эффективным способом остановки пожара является своевременный отжиг. К сожалению, при его организации возникает ряд трудностей, и прежде всего, как упоминалось выше, создание опорной полосы для отжига, на что требуется время. В случае приближения природного пожара его-то обычно и не хватает. Поэтому необходимо *заблаговременное* (в процессе противопожарного устройства) создание вокруг населенного пункта опорной полосы для отжига. Это является *главной задачей* противопожарного устройства *возле* населенных пунктов. Выполнение этой задачи не исключает планирования и проведения обычных противопожарных мероприятий, которые, безусловно, имеют положительное значение.

Составление карт

С целью планирования оптимального размещения опорной полосы для отжига и планирования других противопожарных мероприятий необходимо составить крупномасштабную карту на сам населенный пункт и прилегающую территорию в радиусе до 1,5 км. Основой может служить часть плана лесонасаждений, но он должен быть дополнен картой территории за пределами гослесфонда, т. е. *возле* населенного пункта и *внутри* его самого. Для этого можно воспользоваться топографической картой или спутниковой картой (космоснимком) из Интернета.

Карту следует составлять с особой полнотой и тщательностью. На ней должны быть отражены все существующие строения и другие объекты, лесные участки, вырубки, заросли кустарников, поля, огороды, луга, пустыри, пастища, дороги, тропы, просеки, квартальная сеть, ручьи, речки, болота, водоемы, а также проверена и уточнена таксационная характеристика участков. Карта составляется в масштабе 1:5000 – 1:10 000 по типу плана лесонасаждений, с приложением подробного описания выделов. На самой карте дается только краткая их характеристика.

Очень полезно составить *пирологическое описание* выделов и на его основе — *карты растительных горючих материалов* для весны, лета и осени, а также *карты текущей природной пожарной опасности* по классам засухи. Такие карты могут оказать большую помощь в оценке лесопожарной ситуации вокруг населенного пункта в случае приближения крупного природного пожара, при борьбе с пожарами, возникающими *возле* населенного пункта,

а также при планировании противопожарного устройства и мероприятий (например, профилактических палов) [13].

Планирование и создание опорной полосы для отжига

Задача, выполняемая при защите населенного пункта, — не допустить приближения пожара на опасное расстояние (менее 500 м), поэтому опорная полоса для отжига прокладывается на расстоянии около 500 м. Она должна окружать населенный пункт, либо ее концы должны опираться на реку, озеро или негоримые площади (например, поля).

Трасса опорной полосы прокладывается таким образом, чтобы по возможности включать в нее участки существующих дорог и троп. Негоримые участки (заболоченные, сырье долины ручьев и сами ручьи), трудногоримые участки (долгомошные и влажные моховые типы леса), труднопроходимые участки (захламленные, густые молодняки) не должны мешать отжигу, т. е. должны находиться с внутренней стороны полосы, со стороны поселка. На пересеченной местности трассу полосы надо стараться прокладывать по водоразделам и вдоль склонов, а не поперек их. Крутой склон, на котором огонь отжига может превратиться в сильный пожар, нельзя оставлять перед полосой. Внешняя сторона опорной полосы на расстоянии 10–20 м должна быть очищена от валежника и подроста.

Чтобы упростить и удешевить создание полосы, в нее можно включать участки дорог, совпадающие с полосой по направлению, прокладывать полосу по просекам и прогалинам. При планировании трассы полосы следует использовать составленную карту.

Трассу переносят на местность, затем выполняют подготовительные работы по ее расчистке, после чего приступают к прокладке полосы.

При подборе технических средств необходимо учитывать следующее:

- ширина опорной полосы для отжига принципиального значения не имеет и может составлять от 0,3 до 5 м (при прокладке бульдозером);
- сама опорная полоса должна быть сплошная, без ограждений, а ее внешний край (по отношению к населенному пункту) по возможности аккуратный и ровный;
- у внешнего края опорной полосы на расстоянии 10–20 м необходимо убрать хлам и валежник, вырубить хвойный подрост. При уборке их можно просто переместить за полосу. При прокладке полосы бульдозером хлам и валежник нельзя оставлять у ее внешней стороны;
- конструкция опорной полосы должна обеспечивать возможность регулярного ухода за ней, желательно механизированным способом;

- должна быть обеспечена возможность свободного перемещения людей вдоль опорной полосы (к примеру, перемещаться непосредственно по плужной борозде бывает затруднительно).

Для быстрого выхода людей из населенного пункта на опорную полосу намечают, протесывают и прочищают тропы. Тропы и опорную полосу наносят на карту.

В создании опорной полосы для отжига, особенно в планировании трассы и ее обозначении на местности, должны принимать активное участие администрация населенного пункта и члены добровольной пожарной дружины.

Противопожарные мероприятия на территории возле населенного пункта

Территория между опорной полосой для отжига и населенным пунктом может быть достаточно большой (десятки и даже сотни гектаров). На ней могут возникать пожары, а также загорания от горящих частиц при подходе крупного природного пожара. Поэтому на данной территории необходимо проводить обычный комплекс мер по противопожарной профилактике, предусмотренный действующими указаниями по противопожарной профилактике в лесах [14] и в рекомендациях по повышению пожароустойчивости насаждений [7].

В этот комплекс включаются: уборка хлама; вырубка и уборка сухостойных деревьев; вырубка хвойного подроста; создание сети минерализованных полос (с обязательным обозначением их на карте); расчистка дорог, троп и просек; очистка стволов от нижних сучьев; периодическое проведение профилактических палов (на участках с развитым злаковым травостоем — ежегодное) и т. п.

Перечисленные мероприятия необходимо проводить в первую очередь на участках I–II классов природной пожарной опасности.

Проектирование опорной полосы для отжига возле поселка Осиновый Мыс

В качестве примера был выполнен проект создания опорной полосы для отжига возле поселка Осиновый Мыс в базовом Чунском лесничестве.

Леса Чунского лесничества имеют повышенную горимость, а в отдельные годы — высокую: за последние 10 лет было зарегистрировано более 700 пожаров, в том числе 34 крупных и 13 очень крупных. В пожароопасном сезоне выделяются два периода: весенний — до 21 июня, и летний — с 21 июня. Осенью (в сентябре) пожаров почти не бывает.

В весенний период подавляющее большинство пожаров возникает вблизи населенных пунктов и дорог общего пользования, т. е. имеет антропогенное происхождение. В летний период усиливается

грозовая активность и повышается роль молний как источника загорания, в результате чего пожары возникают и в неосвоенных лесах. За счет этого распределение пожаров по территории становится более равномерным. В районе поселка Осиновый Мыс количество пожаров достаточно высокое как весной, так и летом.

Поселок Осиновый Мыс расположен на правом берегу реки Чуна в узком месте глубокой речной долины, у подножья ее склона. Ветер обычно дует вдоль по глубокой долине, причем в узком месте ее скорость ветра обычно возрастает, что может усиливать приближающийся крупный пожар и увеличивать дальность переноса горящих частиц в этом направлении.

Высота склона долины у поселка около 200 м, крутизна — 15–20°, экспозиция — юго-западная. На таком склоне весной и летом создаются благоприятные условия для быстрого высыхания растительных горючих материалов на почве, что будет способствовать распространению огня.

Поселок Осиновый Мыс окружен с севера, востока и запада (частично) лесом, в котором преобладают сосновые насаждения в возрасте 30–50 лет. Имеются также березняки и осинники. Напочвенный покров состоит из лесного опада, зеленых мхов и мелких трав. Наличие весной сухой травы в березовых и осиновых насаждениях, а также на открытых участках повышает природную пожарную опасность территории. Летом зеленая трава, напротив, снижает ее природную пожарную опасность.

С южной стороны поселок защищен от пожаров рекой Чуна шириной 250–300 м. Переброс горящих частиц через реку с противоположного берега затруднен, поскольку в глубокой узкой долине ветер обычно дует вдоль, а не поперек реки.

Если крупный пожар, приближаясь к поселку с севера, достигнет края долины, то с высоты 200 м вполне возможен будет массовый переброс горящих частиц в поселок.

В качестве примера составлен проект опорной полосы для активной защиты поселка Осиновый Мыс от природных пожаров. Она окружает поселок с трех сторон, а концы ее опираются на реку Чуна. С западной и восточной сторон трасса проходит в основном по лесным дорогам, которые поднимаются по склонам долины, а с северной стороны — вдоль верхней части склона по просеке (рис. 3).

Технология проведения отжига для защиты населенного пункта от надвигающегося природного пожара

Очень важным моментом в эффективном проведении отжига является его своевременность, поскольку огонь отжига распространяется медленно,

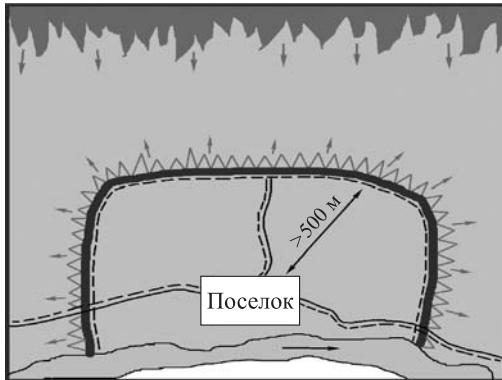


Рис. 3. Опорная полоса для активной защиты населенного пункта от лесных пожаров (на примере поселка Осиновый Мыс)

а скорость распространения пожара может быть очень высока. Поэтому надо заранее позаботиться о получении точной информации о пожарной обстановке на территории вокруг населенного пункта в радиусе 10–15 км. Для этого администрация населенного пункта (или правление дачного кооператива, садового товарищества) должна перед началом пожароопасного сезона установить надежную связь с лесничеством (а при необходимости — и с соседними лесничествами) и с оперативным авиаотделением (если проводится авиапатрулирование), чтобы ежедневно и оперативно получать сведения об уровне пожарной опасности по условиям погоды (классе пожарной опасности), о возникающих пожарах, их распространении, развитии и ходе тушения. Особое внимание следует обращать на развивающиеся крупные природные пожары, на направление и скорость распространения и возможные изменения их под влиянием погоды. Для этого необходимо следить за метеопрогнозами по радио или Интернету. Особое внимание надо обращать на прогноз направления и скорости ветра, а также осадков, особенно обложных, продолжительных.

Когда появляется достаточно высокая вероятность того, что крупный природный пожар может приблизиться к населенному пункту (или другому важному объекту), следует незамедлительно начинать отжиг.

Главная задача отжига при защите населенного пункта — не потушить пожар, а не допустить его приближения на опасное расстояние. При этом сам крупный пожар может обойти населенный пункт с одной или с двух сторон и распространиться дальше.

Для проведения отжига организуются две группы численностью не менее трех человек каждая. Они должны иметь средства зажигания, а также пожаротушения (лопаты, мотыги, ранцевые огнетушители). В качестве средств зажигания используются специальные зажигательные аппараты, железнодорожные сигнальные свечи, факелы из бересты или

из тряпки, смоченной керосином или соляркой и намотанной на палку, и т. д. Для этих целей парашютисты-пожарные из Красноярской авиабазы успешно применяют полоски резины, нарезанные из старой автомобильной камеры: один конец полоски привязывают к палке, а другой зажигают. Если тащить горящую полоску по земле, то напочвенный покров быстро загорается.

Отжиг начинают из одной точки на стороне, обращенной к приближающемуся пожару, а затем группы расходятся в разные стороны вдоль опорной полосы, производя непрерывное зажигание. При этом в каждой группе один человек, идя впереди, производит зажигание опада или мха у самого края опорной полосы, а остальные, отстав от него и растигнувшись в цепочку, тщательно осматривают покров на противоположной стороне полосы, чтобы своевременно выявлять возможные загорания от искр, случайно переброшенных через полосу, и сразу же тушить их. В последующем через каждые 100 м оставляют одного караульного примерно на 1 час, а при ветреной погоде — на 2–3 часа.

После того как огонь отжига удалится от опорной полосы метров на пять, можно начинать ускорение выжигания полосы отжига. Самый простой и безопасный — “способ гребенки”, когда от горящей зоны делают зажигания полосками, перпендикулярными ее краю по 5–10 м длиной.

После того как пуск отжига завершен, организуют наблюдение за территорией, расположенной между опорной полосой и поселком, чтобы своевременно выявлять и тушить загорания от приближающегося пожара. Наблюдение можно проводить с крыши высокого дома, а также с помощью наземного патрулирования. В самом населенном пункте наблюдают за постройками, периодически осматривая их, чтобы своевременно выявить и потушить возможные загорания от переброшенных горящих частиц (особенно при ветреной погоде).

Обучение жителей лесных поселков активной защите от природных пожаров

В населенном пункте следует сформировать добровольную пожарную дружину, снабдить ее средствами зажигания и тушения. Затем надо ознакомить членов дружины с проложенной вокруг поселка опорной полосой для отжига; желательно, чтобы они участвовали в ежегодном уходе за полосой. И наконец, необходимо провести практические занятия по зажиганию и тушению напочвенного покрова, чтобы каждый убедился в простоте и безопасности пуска отжига и в том, что огонь,пущенный против ветра, слабый и практически не вредит лесу. Лучше всего такие занятия совместить с проведением целевых палов, т. е. с выжиганием горючих материалов на

небольших участках, окаймленных минерализованными полосами.

Защита от природных пожаров населенных пунктов, дачных поселков и садоводческих товариществ, окруженных перелесками с открытыми травяными участками

Пожары на таких территориях могут возникать весной в период после схода снега и до появления зеленой травы. Опасность представляют любые пожары, в том числе те, которые возникают в непосредственной близости от домов. Пожары могут вторгаться на застроенную территорию, особенно если там имеются заброшенные участки, заросшие травами и кустарниками.

На такие поселки и окружающую территорию надо составить крупномасштабную карту (или план) с выделением участков различных категорий (в том числе с указанием их принадлежности по праву собственности) и с оценкой их пожароопасности. При уточнении карты (плана) полезно использовать GPS.

В качестве профилактической меры можно рекомендовать ежегодное выкашивание травы на открытых пожароопасных участках, но еще лучше в припоселковой зоне ежегодно проводить профилактические палы. С этой целью прилегающая к поселку пожароопасная территория разделяется (вначале на плане, а затем и в натурных условиях) минерализованными полосами на клетки по 0,2–0,4 га. Эти клетки следует ежегодно выжигать, лучше всего осенью, когда трава на них еще не совсем завяла, но уже способна гореть, что устанавливается с помощью пробных зажиганий. Выжигание проводят при тихой погоде или слабом ветре во второй половине дня.

При выжигании вначале зажигают покров по самому краю минерализованной полосы с подветренной стороны клетки и постепенно продвигаются с зажиганием по обеим сторонам клетки, слегка опережая распространение огня внутри ее. При этом наблюдают за возможными загораниями за пределами клетки, чтобы сразу их ликвидировать.

Заключение

Итак, среди населенных пунктов, для которых требуется принятие мер по защите от природных пожаров, надо различать: населенные пункты, окруженные достаточно густым лесом (таежная зона), и населенные пункты, окруженные перелесками с открытыми травяными участками (лесостепная зона).

В первом случае опасны крупные пожары, приходящие со стороны, поскольку пожары, возникающие в лесу возле поселков, распространяются обычно медленно и быстро ликвидируются. Главная задача при защите — не допустить приближения крупного пожара к поселку на опасное расстояние. Лучше всего делать это своевременным отжигом. Поэтому такие поселки надо в порядке противопожарного устройства на расстоянии около 500 м окружать опорной полосой для отжига и ежегодно поддерживать ее в постоянной готовности, а население обучать проведению отжига.

Во втором случае бывают опасны также пожары, возникающие весной вблизи поселка, так как сухая трава горит быстро. Здесь нужны профилактические выжигания, лучше осенью, при благоприятной погоде и по соответствующей технологии, а также периодическое выкашивание травы.

Что касается защиты ценных лесных массивов, то необходимо учитывать, что лесные участки повреждаются огнем в большинстве случаев от пожаров, приходящих со стороны. Поэтому ценные лесные участки необходимо окружать минерализованными полосами, но при этом ни в коем случае не рассматривать эти полосы как заградительные, а только как опорные для отжига в случае приближения пожара.

Работа выполнялась в 2000–2001 гг. в рамках гранта фонда Макартуров (США) и в 2008–2010 гг. — в рамках Госконтракта № 82 между Институтом леса им. В. Н. Сукачева СО РАН и Агентством лесной отрасли Красноярского края.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Camia A., Marzano R., Bovio G. Preliminary analysis of wildland-urban interface prone areas in Italy // In : Forest Fire Research & Wildland Fire Safety. — Rotterdam Netherlands : Millpress, 2002. — P. 1–9.
2. Lein James K. Nicole I. Stump. Assessing wildfire potential within the wildland-urban interface: A southeastern Ohio example // Applied Geography. — 2009. — Vol. 29, No. 1. — P. 21–34.
3. Cohen J. D. Wildland-urban fire — a different approach // Conf. Proceedings of the Firefigther Safety Summit. — Missoula, MT, 2001. — P. 32–54.
4. Caballero D., Beltrán I., Velasco A. Forest Fires and Wildland-Urban Interface in Spain: Types and Risk Distribution // In : IV International Wildland Fire Conference. — Seville : Spain, 2007. — P. 1–14.
5. Mutch R., Rogers M., Scott St., Gill A. Protecting Lives and Property in the Wildland-Urban Interface: Communities in Montana and Southern California Adopt Australian Paradigm // Fire Technology. — July, 2010. — P. 1–21.

6. Ряполова Л. М., Михалев Ю. А., Золотухина Л. П. Противопожарное обустройство лесов, примыкающих к населенным пунктам и другим объектам в лесу // Охрана лесов от пожаров, лесовосстановление и лесопользование : сб. науч. статей. — Красноярск : МПР, ВНИИПОМ-лесхоз, 2003. — С. 94–101.
7. Фуряев В. В., Главацкий Г. Д., Забелин А. И., Королев Г. М., Злобина Л. П. Технология повышения пожароустойчивости лесов. — Красноярск : ИЛ СО РАН, ВНИИПОМлесхоз, 2000. — 56 с.
8. Волокитина А. В. Защита населенных пунктов от чрезвычайных ситуаций, связанных с природными пожарами : практические рекомендации, разработанные при финансовой поддержке фонда Макартуров, индивид. грант № 01-68116-000). — Красноярск : ИЛ СО РАН, 2002. — 63 с.
9. Левиз А. Испытанный способ тушить пожары // Лесной журнал. — 1833. — Ч. 1, кн. 2. — С. 75–84.
10. Софонов М. А., Вакуров А. Д. Огонь в лесу. — Новосибирск : Наука, 1981. — 124 с.
11. Курбатский Н. П. Локализация сильных лесных пожаров встречным низовым огнем // Лесное хозяйство. — 1959. — № 3. — С. 52–55.
12. Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров. — М. : Федеральная служба лесного хозяйства России, 1995. — 96 с.
13. Волокитина А. В., Софонов М. А., Корец М. А., Софонова Т. М., Михайлова И. А. Прогноз поведения лесных пожаров. — Красноярск : СО РАН, Институт леса им. В. Н. Сукачева, 2010. — 211 с.
14. Указания по противопожарной профилактике в лесах и регламентации работы лесопожарных служб // Сборник ведомственных нормативных актов по лесному хозяйству Гослесхоза СССР за 1966–1977 гг. — Т. II. — М., 1979. — С. 107–128.

*Материал поступил в редакцию 19 января 2011 г.
Электронные адреса авторов: volokit@ksc.krasn.ru;
tmssofronova@gmail.com.*



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет новую книгу

А. Я. Корольченко, Д. О. Загорский

КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ И ЗДАНИЙ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ. — М. : Пожнаука, 2010. — 118 с.



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

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

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



С. В. Заикин
начальник конструкторско-технологического отдела ЗАО “Теплоогне-защита”, г. Сергиев Посад, Россия



С. А. Бушманов
аспирант Московского государственного строительного университета, г. Москва, Россия



А. П. Парфёnenko
адъюнкт Академии
ГПС МЧС РФ, г. Москва,
Россия



И. Р. Белосохов
адъюнкт Академии
ГПС МЧС РФ, г. Москва,
Россия

УДК 614.894:006.354

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ В ЗДАНИЯХ ПОСРЕДСТВОМ ПРИМЕНЕНИЯ САМОСПАСАТЕЛЕЙ. Часть 2. ОБЪЕКТЫ ИСПЫТАНИЙ. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА*

Приведены описание и методика проведения эксперимента по использованию средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (самоспасателей) для людей, самостоятельно эвакуирующихся из здания во время пожара, которыми согласно “Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности” (№ 123-ФЗ) должны оснащаться здания и помещения классов функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.2, Ф2.1, Ф2.2, Ф3.1, Ф3.2, Ф3.4, Ф4.1, Ф4.2, Ф4.3, Ф5.1.

Ключевые слова: самоспасатель; эксперимент; эвакуация; фактическое время эвакуации.

Введение

Согласно ГОСТ 12.1.004–91* (п. 1.2) [1] “объекты должны иметь системы пожарной безопасности, направленные на предотвращение воздействий на людей опасных факторов пожара. Допустимый уровень пожарной опасности для людей должен быть не более 10^{-6} воздействия опасных факторов пожара, превышающих предельно допустимые значения, в год в расчете на каждого человека”, т. е. допустимая вероятность воздействия ОФП на отдельного человека в год $Q_h^B \leq 10^{-6}$.

Каково же фактическое значение Q_v^Φ вероятности воздействия ОФП на отдельного человека в год? Оно представляет собой отношение количества людей, пострадавших (погибших и получивших травмы, ущерб здоровью) при пожарах в рассматриваемом году, к численности населения страны в этом году.

В 2002 г. в нашей стране при пожарах погибло 19988 чел. При 145-миллионном населении страны это дает значение вероятности гибели людей $Q_g^\Phi = 138 \cdot 10^{-6}$. В 2008 г. погибло 15165 чел. [2] при чис-

ленности населения 142 млн чел.: $Q_g^\Phi = 107 \cdot 10^{-6}$. Если учесть, что “по крайней мере, в 10 раз больше людей получает при пожарах тяжелые ожоги и травмы” [3], то риск гибели и травматизма людей при пожаре Q_v^Φ в начале XXI века в нашей стране более чем в 1000 раз превышает нормативный уровень [4]. Очевидно, что такое положение противоречит практической реализации требований Федерального закона “О техническом регулировании” № 184-ФЗ (ст. 6, п. 1):

- защиты жизни и здоровья граждан;
- предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей”.

Эти данные показывают, что в нашей стране система противопожарной безопасности требует инновационных (новых) подходов к ее организации и структуре. Можно считать, что именно для интенсификации необходимых нововведений “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” [4] использует в качестве юридического рычага оценку рисков, применяя в качестве ее аналога расчет уровня обеспечения пожарной безопасности людей из [1].

Однако, как показывает анализ [5] современных показателей надежности и вероятности безотказного эффективного функционирования систем проти-

* Продолжение. Начало см. журнал “Пожаровзрывобезопасность” № 2 за 2011 г.

© Заикин С. В., Бушманов С. А., Парфёnenko А. П., Белосохов И. Р., 2011

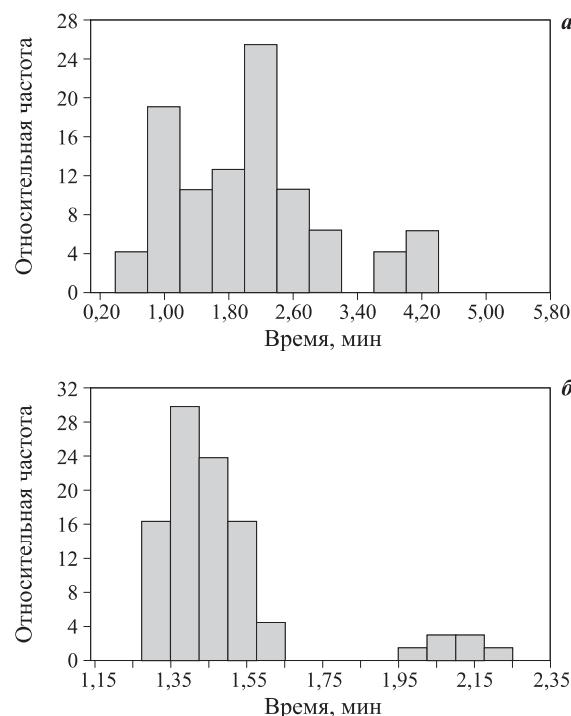


Рис. 1. Примеры типичных гистограмм плотности вероятности времени начала эвакуации в зданиях: а — административных учреждений; б — высших учебных заведений

вопожарной защиты, они не в состоянии обеспечить требуемый уровень пожарной безопасности людей, находящихся в зданиях с их массовым пребыванием. Поэтому своевременность эвакуации людей остается наиболее надежным показателем обеспечения их безопасности:

$$t_{\text{ев}} = t_{\text{н.з}} + t_p < t_{\text{н.б}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{ев}}$ — время (продолжительность) эвакуации;
 $t_{\text{н.з}}$ — время (продолжительность) начала эвакуации;
 t_p — расчетное время эвакуации;
 $t_{\text{н.б}}$ — необходимое время эвакуации.

Однако использование значений $t_{\text{н.з}}$, приведенных в [1]: “0,5 мин — для этажа пожара и 2 мин — для вышележащих этажей”, ведет к систематической ошибке, поскольку, как показывают результаты специально проведенных обследований, они значительно занижают действительные значения $t_{\text{н.з}}$ в зданиях различного функционального назначения (рис. 1).

Таким образом, объективные причины обуславливают применение средств защиты и спасения людей в качестве одного из обязательных способов обеспечения безопасности людей при пожаре в зданиях различных классов функциональной пожарной опасности [4, ст. 47, 52, 53, 55, 107]. Поэтому Министерство образования и науки Российской Федерации постановлением от 15 марта 2010 г. № 09.0708.11.015 определило необходимость выполнения темы 09.15 “Разработка pilotного проекта по применению новых средств спасения людей (самоспасательных средств) на объектах сферы науки и образования”. Одним из этапов выполнения этой темы является апробирование практического применения новых самоспасательных средств защиты органов дыхания и зрения в общеобразовательных учреждениях.

Для обоснованного выбора средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения людей при эвакуации из зданий образовательных учреждений были проведены испытания серийных образцов выпускаемых российской промышленностью самоспасателей, удовлетворяющих требованиям [4] и действующих нормативных документов по пожарной безопасности (ГОСТ Р 53261–2009 [6]).

Объекты испытаний

Номенклатура выбранных для испытаний образцов самоспасателей и данные о предприятиях-изготовителях приведены в табл. 1.

Общий вид испытуемых самоспасателей показан на рис. 2.

Таблица 1. Характеристика самоспасателей, выбранных для испытаний

Наименование изделия	Предприятие-изготовитель	Адрес изготовителя	Рег. номер и срок действия сертификата [7]
Газодымозащитный комплект ГДЗК, ТУ 6-00209591-392-93 с изм. 16	ОАО “Электростальский химико-механический завод” ОГРН 1025007108390	144001, Московская обл., г. Электросталь, ул. К. Маркса, 1. Тел. (496-57) 7-41-23; факс (496-57) 5-47-44	C-RU. ПБ01.В.00498. От 23.03.2010 до 23.03.2015
Газодымозащитный комплект ГДЗК-У, ТУ 2568-031-05795731-01 с изм. 6	ОАО “Сорбент” ОГРН 1025901602770	614113, г. Пермь, ул. Гальперина, 6. Тел. (342) 258-65-54; факс (342) 255-40-10	C-RU. ПБ01.В.00084. От 27.07.2009 до 27.07.2014
Универсальный фильтрующий малогабаритный самоспасатель (УФМС) “Шанс-Е”, ТУ 2568-001-62787335-2009 с изм. 3	ООО “НПК Пожхимзащита” ОГРН 1097746545698	109316, г. Москва, ул. Сосинская, 43, стр. 8. Тел. (495) 640-15-21; факс (499) 400-04-22	C-RU. ПБ01.В.00626. От 04.06.2010 до 04.06.2015

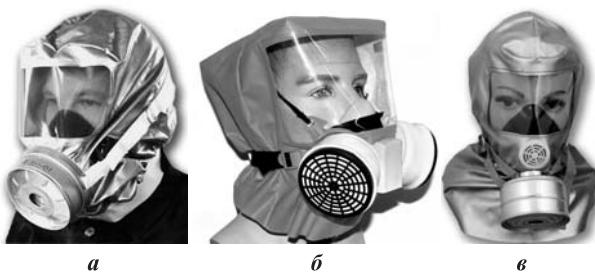


Рис. 2. Общий вид фильтрующих самоспасателей: а — ГДЗК; б — Шанс-Е; в — ГДЗК-У

Технические характеристики самоспасателей

Самоспасатель фильтрующий — средство индивидуальной защиты органов дыхания и зрения человека, в котором вдыхаемый человеком воздух очищается в комбинированном фильтре самоспасателя, а выдыхаемый воздух удаляется в окружающую среду [6].

Капюшон самоспасателя марки ГДЗК изготавливается из пропитанной резиной ткани по швейной технологии. В лицевой части капюшона вшито смотровое окно, изготовленное из термостойкой полiamидной пленки и имеющее характерный желто-оранжевый цвет. Для обеспечения герметичности швы проклеиваются.

В нижней части капюшона, в зоне шеи, установлен эластичный обтюратор. Обтюратор изготавливается из латекса и имеет форму плоского кольца, которое пришивается по наружному диаметру к материалу капюшона. Диаметр отверстия в обтюраторе выбран исходя из обеспечения плотного прилегания к шее окружностью 30 мм и составляет 80 мм. Эластичность обтюратора обеспечивает возможность включения в самоспасатель и отсутствие удушающего воздействия при максимальной окружности шеи человека.

Непосредственно под смотровым окном расположена полумаска, снабженная фильтром и клапаном для выдоха. Клапан расположен сбоку от фильтра. При включении в самоспасатель ось фильтра имеет горизонтальную ориентацию. Маска изготовлена из резины. Капюшон герметично соединен с маской.

Для обеспечения плотного прилегания полумаски к лицу человека предусмотрены затягивающиеся ремни, расположенные снаружи капюшона.

В исходном состоянии самоспасатель хранится в свернутом виде, запечатанным в герметичный пакет. В целях предотвращения слипания капюшона самоспасателя при хранении его обрабатывают тальком. Пакет с самоспасателем укладывают в чехол с замком типа "молния", на котором устанавливается пломба.

В отличие от ГДЗК в самоспасателе ГДЗК-У клапан для выдоха расположен между смотровым окном

и фильтром. Фильтр, содержащий другой наполнитель, имеет больший продольный размер, благодаря чему при включении в самоспасатель ось фильтра располагается под углом к земле. Кроме того, конструкция узла затяжки ремней обеспечивает более удобное снятие самоспасателя по завершении его применения. Во всем остальном конструктивные исполнения самоспасателей марок ГДЗК и ГДЗК-У похожи [8, 9].

Капюшон самоспасателя марки "Шанс-Е" изготавливается из пропитанной поливинилхлоридом ткани. Соединение деталей капюшона производится посредством сварки. В лицевой части капюшона вшито смотровое окно, изготовленное из оптически прозрачной (бесцветной) поливинилхлоридной пленки.

В отличие от самоспасателей ГДЗК и ГДЗК-У в конструкции самоспасателя "Шанс-Е" используется четвертьмаска. Такое техническое решение обусловлено перспективой применения данных самоспасателей для эвакуации детей в возрасте старше 7 лет. В связи с этим из-за малости размера маски она должна по-разному позиционироваться на лице детей и взрослых, как показано на рис. 3 [10]. В остальном действия по включению человека в данный самоспасатель аналогичны.

Для увеличения обзора под ногами и уменьшения сопротивления вдоху в конструкции самоспасателя "Шанс-Е" применен фильтр, состоящий из двух частей, между которыми располагается клапан выдоха.

Для обеспечения плотного прилегания полумаски к лицу человека вместо ремней предусмотрены резинки, расположенные как снаружи, так и внутри капюшона.

Однако есть фактор, который пока не позволяет использовать самоспасатели для детей старше 7 лет. Нормативных требований для детей младше 12 лет нет. Поэтому в настоящее время специалистами ФГУ ВНИИПО МЧС России разрабатывается соответствующий нормативный документ.

Основные защитные и потребительские свойства рассматриваемых самоспасателей фильтрующего типа приведены в табл. 2.

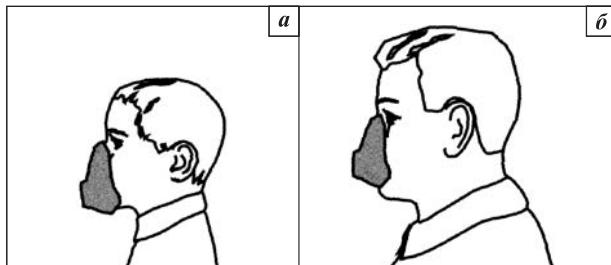


Рис. 3. Расположение четвертьмаски в конструкции самоспасателя "Шанс-Е" на лице человека: а — ребенка старше 12 лет; б — взрослого

Таблица 2. Сравнение защитных и потребительских характеристик фильтрующих самоспасателей [8–12]

Сравнительный критерий	Шанс-Е	ГДЗК	ГДЗК-У
Время защитного действия, мин, не менее	30	30	30
Воздействующие концентрации тест-веществ, мг/м ³ :			
оксида углерода	4375	3000	4375
хлорида водорода	1000	400	3000
цианида водорода	440	10	2000
акролеина	240	10	1250
Суммарный коэффициент проницаемости и подсоса по СМТ, %, не более:			
в зону дыхания	2,0	0,1	1,0
в зону глаз	1,0	2,0	1,0
Сопротивление постоянному потоку воздуха на вдохе, Па, не более	Нет данных	260	800
Срок хранения, лет	5	5	5
Масса изделия без упаковки, г, не более	600	800	800

Контролируемыми параметрами при испытаниях являлись:

- 1) продолжительность облучения (согласно ГОСТу — время включения) испытателей в самоспасатели;
- 2) продолжительность движения людей по каждому из характерных участков пути эвакуации (в том числе по задымленному участку);
- 3) фактическое время индивидуальной эвакуации из здания;
- 4) частота пульса и артериальное давление у испытателей на выходе из здания;
- 5) наличие потергостей, наминов, аллергических и других негативных реакций у испытателей, вызванных использованием самоспасателей;
- 6) субъективная оценка испытателями удобства пользования самоспасателем.

Для проведения испытаний были привлечены 10 добровольцев — мужчины и женщины в возрасте 17–50 лет. В испытаниях участвовал врач-терапевт.

Физические показатели добровольцев-испытателей

Физические показатели испытателей и наличие характерных признаков указаны в табл. 3.

Объекты, на которых проводились эксперименты

Испытания проводились в период с 17 по 20 августа 2010 г. в зданиях факультета ПГСо МГСУ (Московская обл., г. Мытищи, Олимпийский просп., д. 50):

Таблица 3. Характеристика испытателей

Номер испытателя	Пол (м/ж)	Возраст, лет	Рост, см	Масса, кг	Окружность шеи/головы, см	Наличие особенностей (да/нет)		
						Борода	Усы	Объемная прическа
1	ж	20	164	68	40/57	—	—	+
2	ж	20	162	54	39/55	—	—	+
3	ж	21	163	66	39/56	—	—	+
4	м	24	170	65	40/57	—	—	—
5	м	22	182	74	40/57	—	—	—
6	ж	20	168	61	40/56	—	—	+
7	ж	29	162	70	40/57	—	—	+
8	ж	39	156	50	38/55	—	—	—
9	м	50	182	85	59/41	—	—	—
10	ж	50	170	75	40/56	—	—	—

- учебном корпусе (класс функциональной пожарной опасности Ф4.2);
- общежитии (класс функциональной пожарной опасности Ф1.2), объемно-планировочные решения которых являются типовыми для этих видов зданий. Испытания проводились в дневное время суток при естественном освещении. Температура окружающей среды (20 ± 2) °C, относительная влажность воздуха 40–80 %.

Объемно-планировочное решение здания учебного корпуса

Учебный корпус — трехэтажное здание.

Расположение помещений в здании:

- на первом этаже (рис. 4, а): входная группа, вестибюль, коридор, лестничные клетки № 1, 2, 3 и 4, библиотека, гардероб, аудитория, санузел;
- на втором этаже (рис. 4, б): коридор, лестничные клетки № 1, 2, 3 и 4, аудитория, столовая, холл, санузел;
- на третьем этаже (рис. 4, в): коридор, лестничные клетки № 1, 2, 3 и 4, аудитория, холл, санузел. Высота этажа составляет 3,5 м. Двери имеют высоту 2,1 м. Все остальные геометрические размеры указаны на рис. 4.

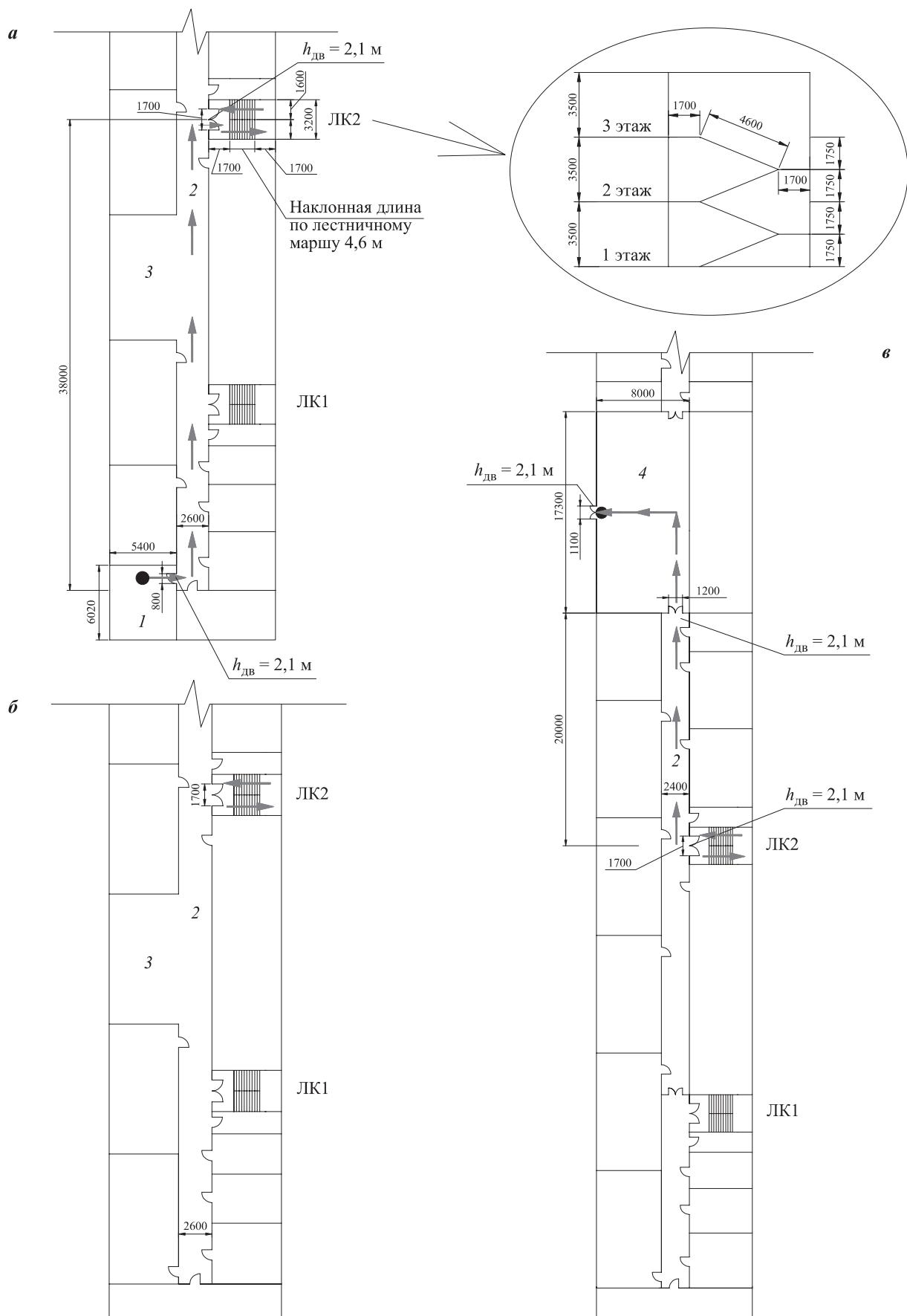
Площадь каждого этажа здания учебного корпуса составляет 1909,5 м², общая площадь здания — 5728,5 м².

Объемно-планировочное решение здания общежития

Здание общежития имеет девять этажей. Высота этажа составляет 2,5 м.

Расположение помещений в здании:

- на первом этаже: входная группа, холл, пропускная, два коридора, лестничные клетки № 1 и 2, комнаты, кладовая, санузел;



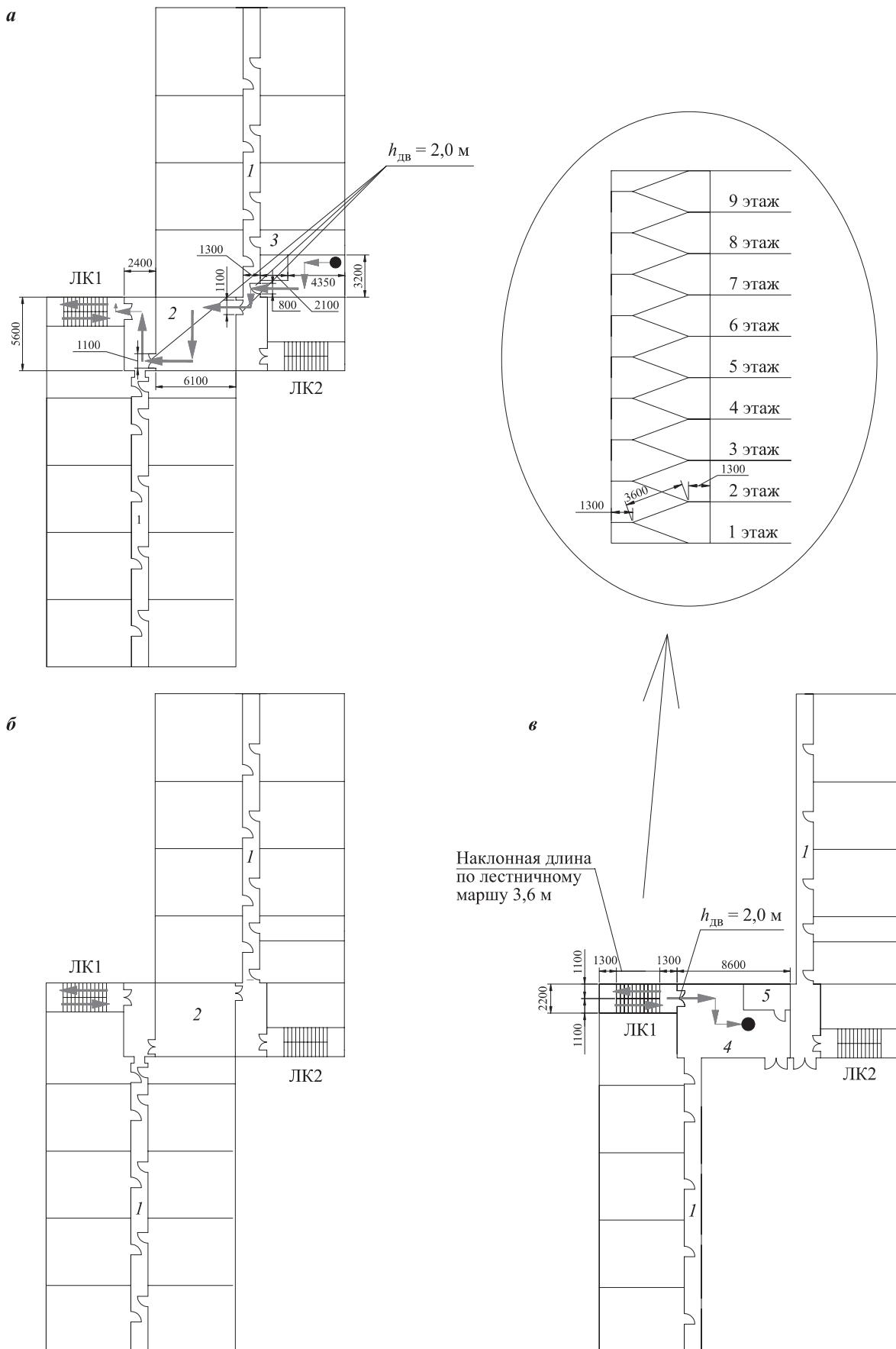


Рис. 5. Схема путей эвакуации из здания общежития: а — 3-й этаж; б — 2-й этаж; в — 1-й этаж; 1 — коридор; 2 — холл; 3 — комната; 4 — вестибюль; 5 — пропускная

- на этажах со второго по девятый: холл, два коридора, лестничные клетки № 1 и 2, жилые комнаты, общая кухня, санузел.

Площадь первого этажа составляет 472,0 м², этажей со второго по девятый — 768,0 м². Общая площадь здания — 6616 м². Схема путей эвакуации, использованная в эксперименте, приведена на рис. 5.

Методика проведения испытаний

Испытания представляют собой учебную эвакуацию людей из зданий учебного корпуса и общежития с применением самоспасателей для защиты органов дыхания и зрения. Все испытатели хорошо знали маршрут эвакуации, а также были подробно ознакомлены с процедурой испытаний.

Эвакуация из здания учебного корпуса осуществлялась из аудитории, расположенной на третьем этаже в конце коридора. Пути эвакуации соответствуют действующему в здании плану эвакуации и включают в себя (в порядке следования людей): коридор на третьем этаже, лестничную клетку, коридор на первом этаже и вестибюль на первом этаже с выходом наружу.

Учебная эвакуация из здания общежития осуществлялась из комнаты, расположенной на третьем этаже. Пути эвакуации соответствуют действующему в здании плану эвакуации и включают в себя (в порядке следования людей): коридор на третьем этаже, лестничную клетку и вестибюль на первом этаже с выходом наружу.

На путях эвакуации было организовано искусственное задымление при помощи генератора театрального дыма: в учебном корпусе — в коридоре на первом этаже; в здании общежития — в вестибюле на первом этаже.

Испытания всех изделий проводились в одинаковых условиях: в дневное время суток при естественном освещении; температура окружающей среды (25 ± 5) °C; относительная влажность воздуха 40–80 %.

В испытаниях участвовали представители ФГУ ВНИИПО МЧС РФ — организации, осуществляющей научно-методическую помощь, а также наблюдатели — представители организаций-производителей испытываемых самоспасателей: ОАО “Электростальский химико-механический завод” (г. Электросталь); ОАО “Сорбент” (г. Пермь); ООО “НПК Пожхимзащита” (г. Москва).

Перед началом испытаний у испытателей были измерены и занесены в специальную форму: масса тела, рост, размер шеи, частота пульса, артериальное давление, температура тела (аксилярная). Были также внесены и особые приметы: борода, длина волос (объемная прическа), наличие очков. Затем с испытателями был проведен инструктаж о порядке

включения в самоспасатели (без предварительной практической подготовки), а также ознакомление их с маршрутом эвакуации, включающее изучение плана и организованное прохождение маршрута.

На путях эвакуации были установлены необходимые информационные знаки безопасности по ГОСТ Р 12.4.026–2001; измерена фактическая длина участков путей эвакуации. В контрольных точках (в начале и конце каждого участка) на путях эвакуации находились регистраторы, снабженные секундомером и рацией.

В начале пути эвакуации (в аудитории, комнате общежития) и на выходе из здания или в вестибюле у выхода из задымленного коридора первого этажа были установлены видеокамеры.

Испытания проводились в два этапа.

На первом этапе была организована эвакуация при отсутствии задымления и без применения самоспасателей: поочередное движение испытателей по путям эвакуации с максимальной для каждого из них скоростью. По команде руководителя испытаний, подаваемой по радио, испытатель начинал движение, а находящиеся на путях эвакуации регистраторы запускали отсчет времени на секундомерах. Во время движения испытателя по пути эвакуации при достижении им контрольных точек находящиеся в них регистраторы фиксировали по секундомеру время и заносили его в форму. На выходе из здания медицинский работник измерял у испытателя артериальное давление и пульс и также заносил результаты в форму. О завершении этих процедур находящийся у выхода из здания регистратор докладывал руководителю испытаний по радио, после чего руководитель подавал команду на начало движения следующему испытателю.

По окончании данного этапа испытаний определялась средняя продолжительность прохождения испытателями участков путей эвакуации и общее (фактическое) время эвакуации. Рассчитывалась средняя скорость движения испытателей по участкам путей эвакуации. Результаты измерений заносились в форму.

На втором этапе на тех же объектах, которые описаны выше, имитировалось спасение (эвакуация с использованием средств защиты) при задымлении участков эвакуационных путей (рис. 6). Задымление создавалось до потери видимости знака эвакуационного выхода из задымленного участка с расстояния начала данного участка (выхода с лестничной клетки). Контроль видимости знака эвакуационного выхода осуществлялся визуально регистратором, находящимся у выхода с лестничной клетки.

Около выхода из аудитории (комнаты) на столе были размещены самоспасатели. Там же находился регистратор с секундомером.



Рис. 6. Испытание самоспасателей в общежитии при эвакуации группами по 3 человека по задымленному участку

По команде руководителя испытаний испытатели *поочередно* включались в самоспасатели и направлялись по эвакуационному пути к выходу из здания, расположенному на первом этаже.

Команда на эвакуацию первого испытателя подавалась в момент времени, соответствующий возобновлению видимости знака эвакуационного выхода из задымленного участка по сообщению регистратора, осуществляющего визуальный контроль на данном участке. Так же, как и на предыдущем этапе, команда к началу движения очередного испытателя подавалась после завершения эвакуации предыдущим испытателем по докладу регистратора, находящегося на выходе из здания. Во время движения, как и на первом этапе, регистраторы фиксировали время достижения испытателями контрольных точек. На выходе из здания испытатель снимал самоспасатель, укладывал в предназначенный для него чехол (сумку) и оставлял при себе.

Затем медицинский работник измерял у испытателя артериальное давление и пульс, отмечал проявление особых реакций, таких как намины, потерпости, аллергия и т. п. Испытатель давал субъективную оценку удобства пользования самоспасателем по 10-балльной шкале, руководствуясь следующими критериями:

- удобством включения и работы в самоспасателе;
- достаточностью визуального обзора;
- способностью передавать и получать речевые сообщения;
- отсутствием негативных ощущений.

Было проведено по три серии испытаний каждой марки самоспасателей. При этом суммарная продолжительность нахождения испытателя в со-

стоянии включения в самоспасатель не превышала времени его защитного действия. Между сериями испытаний предусматривался отдых, продолжительность которого обуславливалась временем, необходимым для восстановления пульса и артериального давления у испытателей.

Процедуру задымления производили в начале каждой серии испытаний.

По окончании данного этапа испытаний определяли:

- продолжительность прохождения испытателями участков путей эвакуации и общее (фактическое) время эвакуации;
- продолжительность включения испытателей в самоспасатели.

В процессе испытаний рассчитывалась скорость движения испытателей по участкам путей эвакуации. Средние результаты измерений и расчетов заносились в форму.

Выводы

Наиболее надежным показателем обеспечения безопасности людей в здании при пожаре является своевременность эвакуации людей в безопасную зону или непосредственно наружу из здания. Успешность эвакуации зависит от многих факторов. К примеру, вероятность положительного или отрицательного срабатывания системы обнаружения пожара будет влиять на выдачу или невыдачу сигнала на запуск системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Нельзя забывать о панике, которая является очень типичной реакцией (поведением) человека при пожаре: известны случаи, когда люди выпрыгивали из окон здания при пожаре в призрачной надежде спастись или избежать мучительной смерти от огня [13]. Кроме того, при определенных значениях таких параметров, как время начала эвакуации и быстрое блокирование путей эвакуации, безопасность людей при эвакуации из здания может быть не обеспечена. Поэтому встает вопрос о необходимости применения средств защиты и спасения людей в качестве одного из обязательных способов обеспечения безопасности людей при пожаре в зданиях различных классов функциональной пожарной опасности.

С целью определения применимости самоспасателей была разработана методика проведения учебной эвакуации людей из зданий учебного корпуса и общежития с применением самоспасателей для защиты органов дыхания и зрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.1.004-91*. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования : введ. 01.07.92. — М. : Изд-во стандартов, 1991; ИПК "Изд-во стандартов", 1996; 2002.

2. Официальный сайт МЧС России. URL : <http://www.mchs.gov.ru>.
3. Брушлинский Н. Н., Глуховенко Ю. М., Клепко Е. А. Динамика пожарных рисков в России в XIX–XXI веках // Пожаровзрывобезопасность. — 2003. — Т. 12, № 4. — С. 20–24.
4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ : принят Гос. Думой 4 июля 2008 г. : одобр. Советом Федерации 11 июля 2008 г. // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2008. — № 30 (часть I). — Ст. 3579.
5. Холщевников В. В. Высотные здания и риски безопасности людей / Российская архитектурно-строительная энциклопедия. — Т. XIII. — 2010. — С. 156–165.
6. ГОСТ Р 53261–2009. Техника пожарная. Самоспасатели фильтрующие для защиты людей от токсичных продуктов горения при эвакуации из задымленных помещений во время пожара. Общие технические требования. Методы испытаний : введ. 01.01.2010. — М. : Стандартинформ, 2009.
7. Реестр сертифицированной продукции в ССПБ РФ. URL : http://www.vniipo.ru/orders/services/reestr_SSPB.htm.
8. Газодымозащитный комплект ГДЗК. Техническое описание и руководство по эксплуатации. ЯКЦР 0501.00.00.ТО-РЭ.
9. Газодымозащитный комплект ГДЗК-У : Руководство по эксплуатации. РЭ 2568-293-05795731–2007.
10. Универсальный фильтрующий малогабаритный самоспасатель (УФМС) “Шанс-Е” : Паспорт. Руководство по применению.
11. Газодымозащитный комплект ГДЗК. URL : <http://www.magazin01.ru/catalog/detail.php?id=5748>.
12. Универсальный фильтрующий малогабаритный самоспасатель (УФМС) “Шанс-Е”. URL : <http://www.magazin01.ru/catalog/detail.php?id=10494>.
13. Эвакуация при пожаре : информационный сайт. URL : <http://www.fireevacuation.ru/hum-beh.php>.

Окончание следует

*Материал поступил в редакцию 27 сентября 2010 г.
Электронные адреса авторов: sa.bushmanov@gmail.com;
zaikin.tognez@rambler.ru; parf01@inbox.ru.*

**В. В. Холщевников***

д-р техн. наук, профессор Московского государственного строительного университета, г. Москва, Россия

**Д. А. Самошин**

канд. техн. наук, Академия ГПС МЧС РФ, г. Москва, Россия

**И. Р. Белосохов**

адъюнкт Академии ГПС МЧС РФ, г. Москва, Россия

**Р. Н. Истратов**

адъюнкт Академии ГПС МЧС РФ, г. Москва, Россия

**И. С. Кудрин**

адъюнкт Академии ГПС МЧС РФ, г. Москва, Россия

**А. П. Парфёnenко**

адъюнкт Академии ГПС МЧС РФ, г. Москва, Россия

УДК 614.8

ПАРАДОКСЫ НОРМИРОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ ПРИ ЭВАКУАЦИИ И ЗДАНИЙ И ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Эвакуация людей из зданий при пожаре является естественным процессом их защиты от воздействия опасных факторов пожара, интенсивно распространяющихся по эвакуационным путям. Анализ динамики распространения опасных факторов пожара показывает, что основными направлениями обеспечения условий для своевременной и беспрепятственной эвакуации людей из помещений и зданий различных классов функциональной пожарной опасности являются: применение высокоеффективных и надежных систем активной противопожарной защиты; целесообразная для каждого конкретного случая организация эвакуации, исходящая из закономерностей движения людских потоков при эвакуации и психофизиологических возможностей поведения людей, составляющих основной функциональный контингент в здании.

Показана недостаточность нормативного обоснования оснащения путей эвакуации системами активной противопожарной защиты и знаний в области закономерностей поведения при эвакуации психофизически уязвимого контингента людей. Приведены данные натурных наблюдений за поведением этого контингента в вероятных условиях эвакуации. С рассмотренных позиций выявлены недостатки СП 1.13130.2009 “Эвакуационные пути и выходы” и недостаточность его требований для обеспечения безопасности людей при эвакуации по сравнению с “Методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности”.

Ключевые слова: эвакуация; опасные факторы пожара; системы активной противопожарной защиты; надежность систем; пожарные риски; безопасность людей.

Введение

Уже несколько десятилетий согласно требованиям ГОСТ 12.1.004 “Пожарная безопасность. Общие требования”, а с 1 мая 2009 г. и Федерального закона “Технический регламент о требо-

ваниях пожарной безопасности” (№ 123-ФЗ) [1] расчетная вероятность $Q_{\text{в}}$ воздействия опасных факторов пожара (ОФП) не должна превосходить значений допустимой (нормативной) вероятности $Q_{\text{в}}^{\text{н}}$, т. е.

$$Q_{\text{в}} \leq Q_{\text{в}}^{\text{н}} = 1 \cdot 10^{-6}. \quad (1)$$

Однако по оценке Всемирного центра пожарной статистики наша страна имеет “ужасающие показатели смертности при пожарах” [2]. В 2002 г.

* Эксперт в области архитектурно-строительного проектирования и безопасности людей в чрезвычайных ситуациях Республиканского исследовательского научно-консультационного центра экспертизы (рег. № 11313707.1908 Федерального реестра).

в нашей стране при пожарах погибло 19 988 чел. При 145-миллионном населении страны это дает фактическое значение вероятности гибели людей $Q_g^\Phi = 138 \cdot 10^{-6}$. По прошествии ряда лет количество пожаров в стране снизилось, а число погибших уменьшилось: в 2008 г. погибло 15165 чел. Но за это время и численность населения в стране сократилась до 142 млн чел. Таким образом, накануне вступления в действие Федерального закона [1] значение Q_g^Φ составляло $107 \cdot 10^{-6}$. Имеются данные, что “по крайней мере, в 10 раз больше людей получает при пожарах тяжелые ожоги и травмы” [3]. Если это так, то риск гибели и травматизма людей при пожаре Q_g^Φ в начале XXI века в нашей стране более чем в 1000 раз превышает нормативный уровень.

Очевидно, что эти соотношения свидетельствуют о том, что продукция архитектурно-строительного комплекса страны практически не удовлетворяет основным положениям п. 1 ст. 6 Федерального закона “О техническом регулировании” [4]. Согласно этим положениям “технические регламенты принимаются в целях: защиты жизни и здоровья граждан; … предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей…”.

Доля погибших, приходящаяся на один пожар, в зданиях высотой более 25 этажей в 3–4 раза выше по сравнению со зданиями высотой до 16 этажей [5]. В связи с этим общее внимание приковано прежде всего к анализу обеспечения безопасности людей в высотных зданиях, проектирование которых разворачивается в последнее время с возрастающей интенсивностью по всей стране. Однако проекты высотных зданий, как лакмусовая бумажка, лишь более наглядно обнаруживают общие источники проблем в системе обеспечения пожарной безопасности независимо от этажности зданий.

Согласно ст. 5 [1] каждый объект должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности, которая включает в себя подсистему предотвращения пожара, подсистему противопожарной защиты, комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Схема такой системы представлена на рис. 1.

Если пожар произошел, следовательно, подсистема предотвращения пожара оказалась неэффективной, и дальнейшее противостояние его распространению зависит от эффективности подсистем пассивной и активной противопожарной защиты. Однако “Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности” [6] (далее — Методика) никак не учитывает в явном виде влияния элемен-

тов подсистемы пассивной противопожарной защиты на динамику распространения ОФП:

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{п}} (1 - R_{\text{а.п}}) P_{\text{пр}} (1 - P_{\text{s}}) (1 - P_{\text{пз}}). \quad (2)$$

В общем случае частота (вероятность) возникновения пожара $Q_{\text{п}}$ в здании в течение года может быть принята равной $4 \cdot 10^{-2}$ (п. 8 приложение 1 [6]). Тогда для каждого здания должно обеспечиваться предельное соотношение

$$0,25 \cdot 10^{-4} = (1 - R_{\text{а.п}}) P_{\text{пр}} (1 - P_{\text{s}}) (1 - P_{\text{пз}}).$$

В формулах (1) и (2) $R_{\text{а.п}}$ — вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения; принимается $R_{\text{а.п}} = 0,9$ (п. 8 [6]) (это оптимистическое значение: “В среднем эффективность выполнения задач установок пожарной автоматики немногим более 50 %” [7]); $P_{\text{пр}}$ — вероятность присутствия людей в здании, определяемая из соотношения $P_{\text{пр}} = t_{\text{функци}} / 24$; $t_{\text{функци}}$ — время нахождения людей в здании, ч: для жилых зданий, гостиниц, больниц, домов для престарелых, интернатов и т. п., очевидно, $t_{\text{функци}} = 24$ ч, тогда $P_{\text{пр}} = 1$; для офисных зданий оно может быть принято (рис. 2) $t_{\text{функци}} = 10$ ч, тогда $P_{\text{пр}} = 0,417$; P_{s} — вероятность эвакуации людей; $R_{\text{пз}}$ — вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре:

$$P_{\text{пз}} = 1 - (1 - R_{\text{обн}} R_{\text{СОУЭ}}) (1 - R_{\text{обн}} R_{\text{ПДЗ}}), \quad (3)$$

где $R_{\text{обн}}$ — вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации;

$R_{\text{СОУЭ}}$ — условная вероятность эффективного срабатывания системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации;

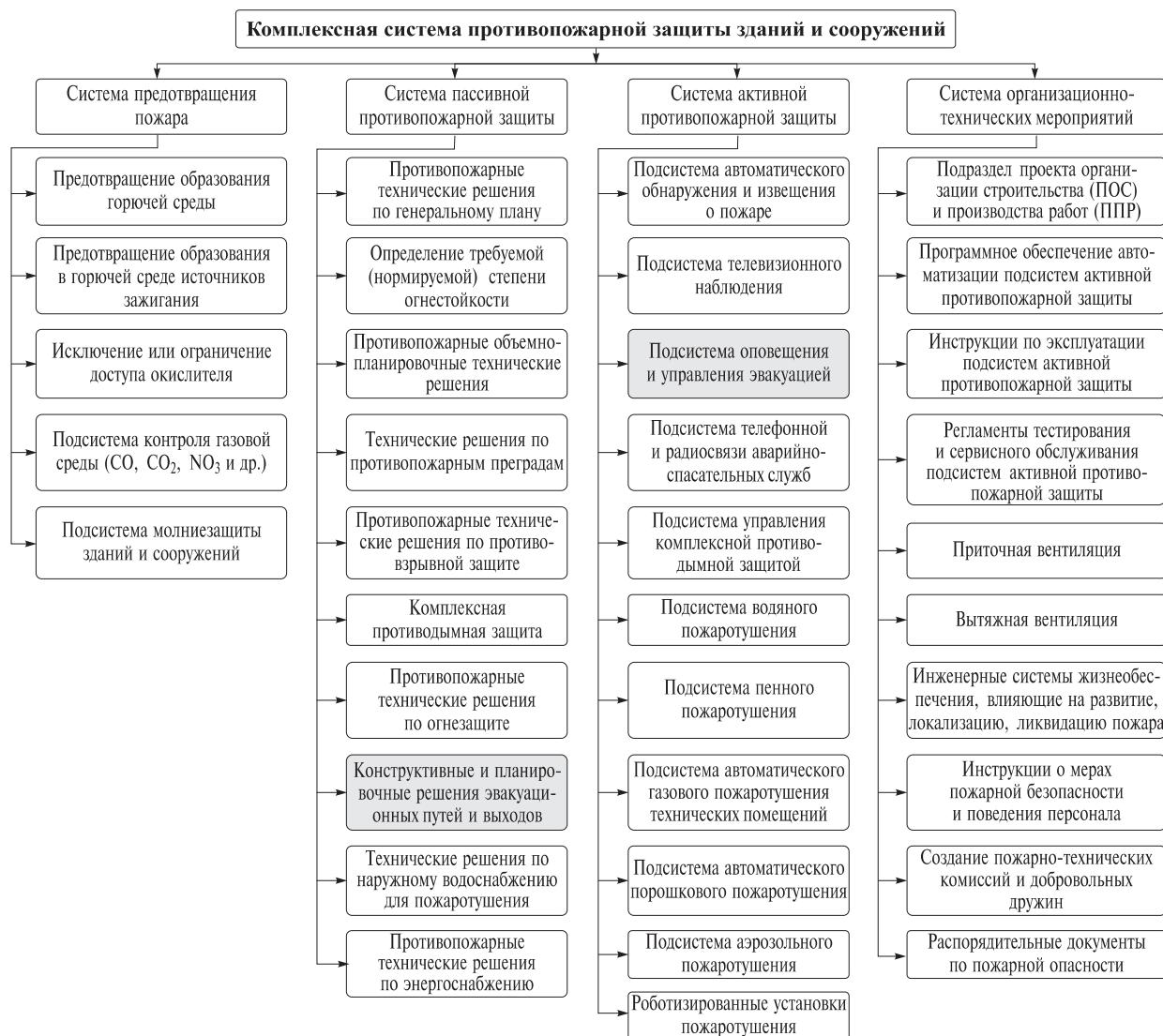
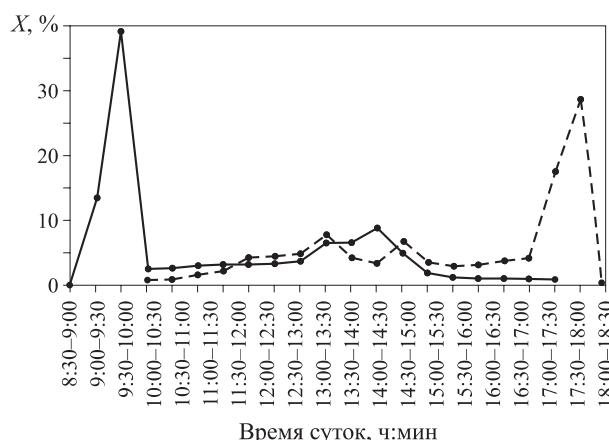
$R_{\text{ПДЗ}}$ — условная вероятность эффективного срабатывания системы противодымной защиты в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации.

Значения параметров $R_{\text{обн}}$, $R_{\text{СОУЭ}}$ и $R_{\text{ПДЗ}}$ могут быть приняты в соответствии с разд. IV [6]: $R_{\text{обн}} = 0,8$; $R_{\text{СОУЭ}} = 0,8$, $R_{\text{ПДЗ}} = 0,8$. Тогда значение $P_{\text{пз}}$ составит: $P_{\text{пз}} = 1 - (1 - 0,8 \cdot 0,8) \cdot (1 - 0,8 \cdot 0,8) = 0,87$.

Для наглядности дальнейшего анализа примем $P_{\text{пр}} = 1$. Тогда при $R_{\text{а.п}} = 0,9$ значение P_{s} должно составлять 0,9981. При $P_{\text{пр}} = 0,417$, соответственно, получим $P_{\text{s}} = 0,9954$. При фактическом значении $R_{\text{а.п}} = 0,5$ требуется, чтобы значение P_{s} составляло 0,99994 при $P_{\text{пр}} = 1$ и 0,999986 при $P_{\text{пр}} = 0,417$.

О чём говорят эти цифры?

Выражения, стоящие в скобках формулы (2), представляют собой значения вероятности отказов

**Рис. 1.** Схема системы обеспечения пожарной безопасности объекта**Рис. 2.** Натурные наблюдения входа (—) и выхода (---) сотрудников офисных учреждений в течение суток (величина потока X на графике — это отношение количества людей $N_{\Delta t}$, проходящих за интервал времени Δt , к общему количеству людей N , проходящих за суточный период функционирования здания)

в соответствующих системах активной противопожарной защиты зданий. Они составляют: для установок автоматического пожаротушения $P_{\text{а.п}}^{\circ} = 0,1$ (фактически 0,5); для системы противопожарной защиты — $P_{\text{ПЗ}}^{\circ} = 0,13$. А для безопасной эвакуации, чтобы соблюсти условие (2), требуются следующие значения P_3° :

- при *оптимистической* оценке $R_{\text{а.п}} = 0,9$:
 - 0,00193 при круглосуточном пребывании людей в здании ($P_{\text{пр}} = 1$);
 - 0,0046 при пребывании их в здании в течение 0,417 сут ($P_{\text{пр}} = 0,417$);
- при *фактическом* значении $R_{\text{а.п}} = 0,5$:
 - менее 0,0001 практически во всех случаях.

Таким образом, оказывается, что при сегодняшней надежности функционирования систем автоматического пожаротушения, пожарной сигнализации, системы противодымной защиты, системы оповещения о пожаре и управления эвакуацией количество

“отказов” непосредственно при эвакуации людей должно быть в 20–50, а то и в 30–70 раз (сегодня фактически в 1000 раз) меньше, чем в этих технических системах.

Поскольку речь идет об индивидуальном риске, то “отказ” при эвакуации — это травма человека той или иной тяжести. Это значит, что при 142-миллионном населении страны при эвакуации людей в чрезвычайных условиях пожара допускается вероятность травм:

- у 653 200 чел. — при их круглосуточном пребывании в зданиях;
- у 274 060 чел. — при пребывании их в зданиях в течение 0,417 сут.

Интересно, что для *нормальных условий эксплуатации* зданий “ниже приводятся некоторые статистические данные по США, и похоже, что аналогичный порядок и пропорция величин имеют место и в других развитых странах. По американским данным, в результате несчастных случаев на лестницах примерно 800 тыс. человек получают травмы и повреждения, требующие стационарного лечения. В 1978 году в таких инцидентах погибли около 3000 человек. Кроме того, отмечены цифры порядка 1,8–2,66 млн травм и повреждений более легкого характера, потребовавших только амбулаторного лечения. В США ежегодный ущерб от несчастных случаев на лестницах оценивается примерно в 2 млрд долларов” [8]. Поскольку движение людей по лестничным клеткам — непременный (третий) этап эвакуации в большинстве зданий, то комментарии по поводу реальности требований к эвакуации людей, вытекающие из нашего регламента, по-видимому, излишни.

Каковы же реальные возможности людей обеспечить свою безопасность при эвакуации из зданий?

Методика [6] требует расчета вероятности эвакуации P_3 по формуле

$$P_3 = \begin{cases} (0,8t_{bl} - t_p)/t_{h,3}, & \text{если } t_p < 0,8t_{bl} < t_p + t_{h,3} \\ & \text{и } t_{ck} \leq 6 \text{ мин;} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{h,3} \leq 0,8t_{bl} \text{ и } t_{ck} \leq 6 \text{ мин;} \\ 0, & \text{если } t_p \geq 0,8t_{bl} \text{ или } t_{ck} > 6 \text{ мин,} \end{cases} \quad (4)$$

где t_p — расчетное время эвакуации людей, мин;

$t_{h,3}$ — время начала эвакуации, мин;

t_{bl} — время с момента начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения по ним ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), мин;

t_{ck} — время существования скоплений людей на участках пути (плотность людского потока на

путях эвакуации превышает 5 чел./м², достигая значения 9 чел./м²).

Следует обратить внимание на то, что впервые (сравни с ГОСТ 12.1.004, приложение 2) удалось ввести *нормативное ограничение* на продолжительность существования скоплений людей на путях эвакуации. Скопления людей являются результатом непродуманной организации эвакуации и являются опасным фактором, который при продолжительном воздействии ведет к компрессионной асфиксии (удушье, разрывы тканей внутренних органов, переломы костей, смерть). Реальных примеров этого явления, к сожалению, более чем достаточно!

В соотношении (4) видим “жесткое” условие: $P_3 = 0,999$. Это значит, что люди вынуждены “соревноваться” с интенсивно и свободно распространяющимися ОФП: время их эвакуации $t_{ev} = t_{h,3} + t_p$ должно быть менее $0,8t_{bl}$.

Блокирование путей эвакуации может быть вызвано различными причинами, в частности нарушениями правил пожарной безопасности их эксплуатации (когда они загромождены габаритными предметами, эвакуационные выходы заперты и т. п.), что, к сожалению, на практике наблюдается сплошь и рядом. В этих случаях следует принимать $t_{bl} = 0$. Что мы имеем в результате, показывает жизнь (рис. 3).

В случаях же, рассматриваемых в Методике [6], фактически принято $t_{bl} = t_{kp}$, т. е. время блокирования — это время достижения опасными факторами пожара критических уровней (t_{kp}) воздействия на человека. Очевидно, что $0,8t_{kp} = t_{h,6}$, где $t_{h,6}$ — время, за которое человеку для обеспечения его безопасности необходимо покинуть данный участок пути.

Первым этапом эвакуации из здания является помещение, в котором находятся люди. Блокирование выхода из него опасными факторами пожара может произойти в результате либо возникновения в нем пожара, либо достижения перед ним (как правило, со стороны коридора) предельно допустимых концентраций ОФП, распространявшихся от источника пожара, находящегося в одном из соседних помещений. *Каким же временем располагает человек для своевременной эвакуации (t_{ev}) из помещения в том и другом случаях, если системы активной противопожарной защиты не функционируют* (в 13 случаях из 100 $P_{p3}^0 = 0,13$)? К тому же “эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную эвакуацию людей через эвакуационные выходы из данного помещения **без учета применяемых в нем средств пожаротушения и противодымной защиты**” [10, п. 6.4].

Методика [6] допускает использование для моделирования динамики распространения ОФП интегральной, зонной или полевой модели.



Рис. 3. Пожар 16 января 2006 г. в офисном здании (д. 59 по просп. Красного Знамени, г. Владивосток) [9]

Каждая из этих моделей является вехой на многостороннем пути исследований термодинамики пожара и создания ее сложного математического описания, решение уравнений которого возможно лишь численными методами с помощью современных компьютеров. “Именно поэтому разработка и реализация математических моделей началась сравнительно недавно” [11]. Сегодня же мы имеем программные комплексы, реализующие эти модели, и грамотный пользователь может применять их для анализа возможных ситуаций при инженерных решениях задач обеспечения пожарной безопасности в зданиях различного назначения. Так, значения $t_{\text{н.б}}$ при возникновении очага пожара в помещениях различной площади и высоты в зданиях различной степени огнестойкости при различных видах горючей нагрузки в них приведены в табл. 1.

Использование интегральной модели рекомендуется Методикой [6] ввиду ее большей простоты

для предварительных расчетов и простых объемно-планировочных решений. Однако она совершенно неадекватно воспроизводит изменения во времени термодинамической структуры моделируемого объема и, как следствие, динамику распространения ОФП при развитии пожара. Из табл. 1 видно, что значения $t_{\text{н.б}}$ даже для простейших моделируемых объемов, полученные по интегральной модели, в несколько раз отличаются от значений, полученных с использованием полевой модели.

При втором сценарии развития пожара на этаже — *пожар в соседнем помещении* — иллюстрации динамики распространения ОФП (рис. 4) и геометрические схемы моделируемой ситуации в коридоре различной длины приведены на рис. 5, а полученные значения $t_{\text{н.б}}$ для рассматриваемых помещений — в табл. 2. В последнем столбце таблицы указано время блокирования выхода из коридора (*второй этап эвакуации*) ОФП, распространя-

Таблица 1. Значения необходимого времени эвакуации $t_{\text{н.б}}$ из помещения очага пожара

№ п/п	Вид типовой горючей нагрузки	Модель пожара	$t_{\text{н.б}}$, с, в зависимости от площади помещения, м ² , при его высоте 3 м/3,3 м			
			10	30	50	70
1	Здание 1-й и 2-й степени огнестой- кости; мебель + бытовые изделия	Интегральная	13/15	19/22	24/25	26/30
		Зонная	20/22	40/43	55/60	68/75
		Полевая	28/30	32/34	46/48	54/60
2	Здание 3-й и 4-й степени огнестой- кости; мебель + бытовые изделия	Интегральная	4/4	5/6	6/7	7/8
		Зонная	9/10	17/19	22/24	26/29
		Полевая	10/11	11/12	15/16	17/21
3	Административ- ное помещение; мебель + бумага	Интегральная	13/14	19/21	22/25	25/27
		Зонная	15/16	27/30	36/39	44/48
		Полевая	26/28	29/33	38/42	44/50
4	Здание 1-й и 2-й степени огнестой- кости; мебель + ткани	Интегральная	21/22	30/33	35/39	40/43
		Зонная	27/32	39/42	54/59	67/74
		Полевая	40/42	46/49	60/66	67/75

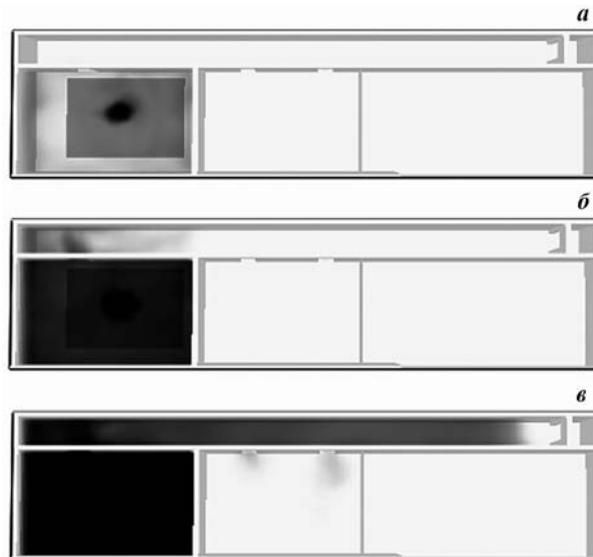


Рис. 4. Иллюстрация распространения ОФП с периодичностью 30 с в коридоре длиной 30 м: *a* — 30 с; *б* — 60 с; *в* — 90 с

ющими из помещения очага пожара, расположенного на этаже.

Во всех рассмотренных случаях первым блокирующим фактором пожара является дым и, как следствие, потеря видимости.

Выход на лестничную клетку (*третий этап эвакуации*) может быть заблокирован и опасными факторами, распространяющимися по ней из очага пожара на нижерасположенном (первом) этаже (рис. 6).

Таблица 2. Момент достижения $t_{н.б}$ в коридоре перед выходами из соседних помещений

Длина коридора, м (эквивалентный объем соседнего помещения)	Момент наступления $t_{н.б}$ (полевая модель), с, в дверном проеме выхода		
	из помещения с очагом пожара	из соседнего помещения	из коридора на лестничную клетку
10	40	66	52
20	50	97	81
30	50	110	92

Динамика распространения ОФП по лестничной клетке зависит, конечно, от многих факторов, и прежде всего от того, задымляемая она или нет. Однако при этом необходимо иметь в виду, что величина подпора воздуха для обеспечения незадымляемости лестничной клетки определяется традиционно, исходя из модели СНиП 41-01-2003 (п. 14.7.9): “Для защищаемых лестничных клеток нижнее значение избыточного давления следует принимать с учетом совместного действия приточной и вытяжной противодымной вентиляции. При этом расчетное положение дверей защищаемых лестничных клеток необходимо предусматривать в сочетании “открытая дверь на уровне этажа пожара и закрытые остальные двери” или в сочетании “открытая дверь наружного выхода и закрытые остальные двери” [12].

Отсюда видно, что авторы этой модели считают, что эвакуация людей происходит только с одного

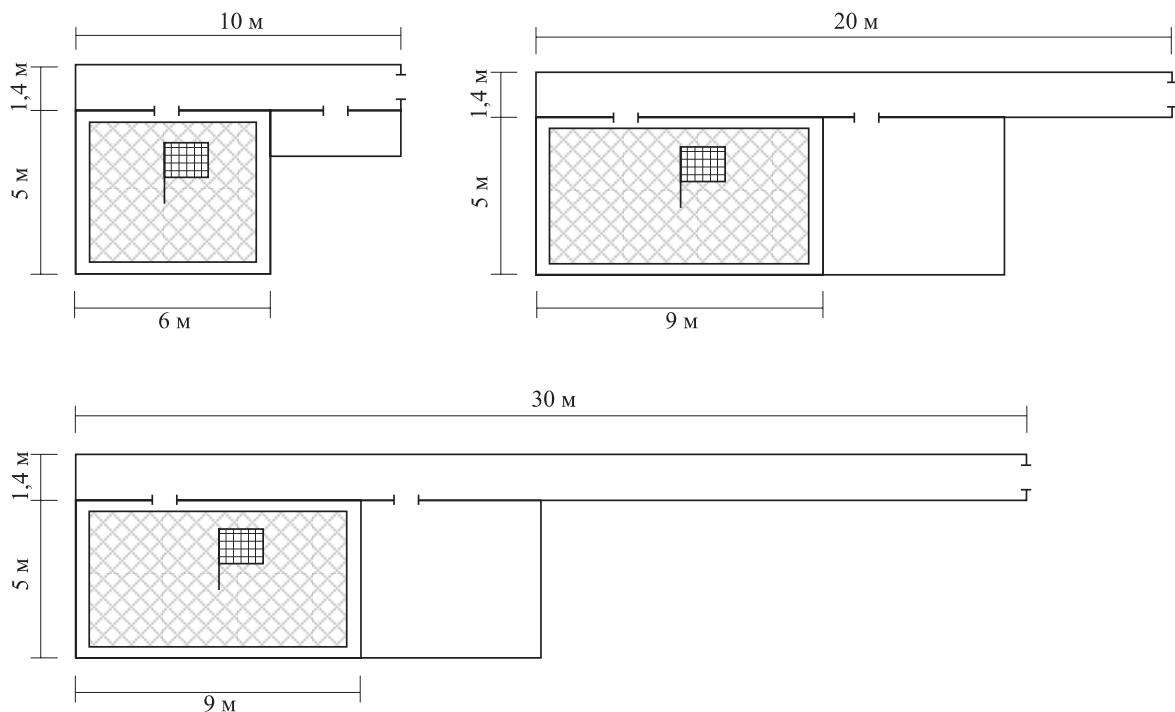


Рис. 5. Графическая схема помещений при различной длине коридора

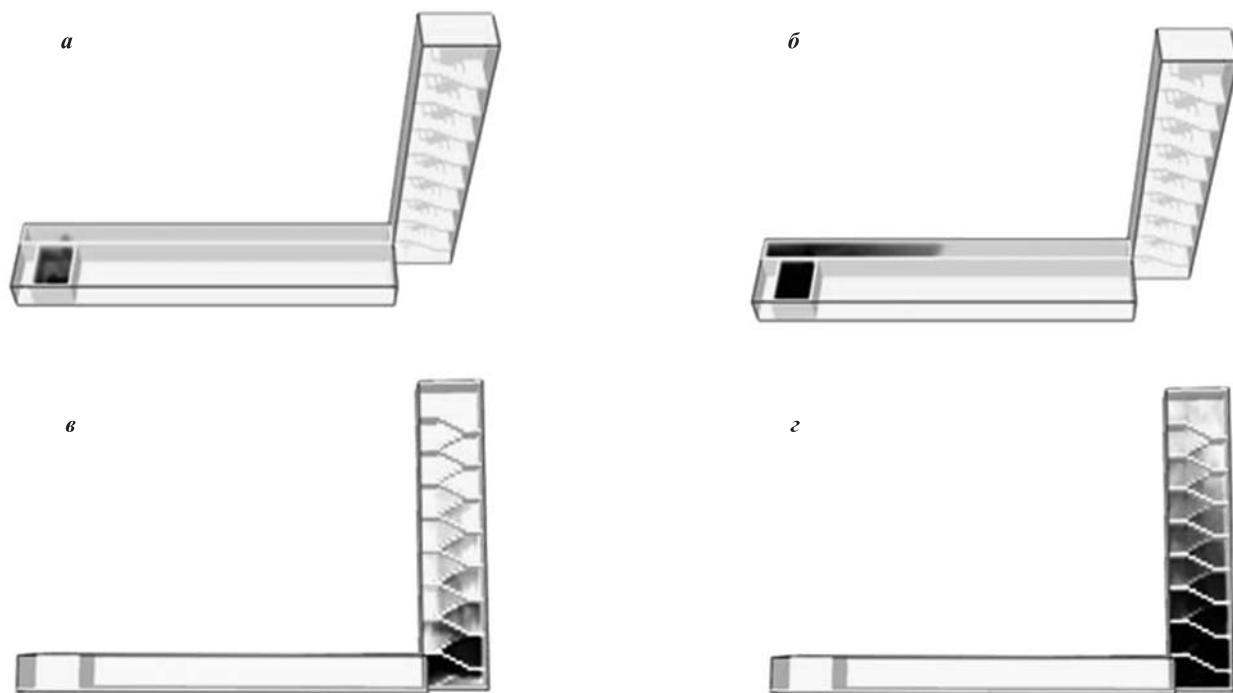


Рис. 6. Динамика распространения ОФП по лестничной клетке: *а* — через 30 с после начала пожара; *б* — через 1 мин; *в* — через 2 мин; *г* — через 3 мин (при моделировании учитывалось, что пожар произошел на 1-м этаже; эвакуация с вышележащих этажей еще не началась)

этажа здания и заканчивается на этаже прежде, чем первый из эвакуирующихся откроет дверь наружного выхода. Такая модель в подавляющем большинстве случаев не соответствует принятой системе организации эвакуации или бесконтрольной эвакуации (когда она происходит одновременно со всех этажей). Следовательно, будет не только открыта дверь на уровне этажа пожара, но и одновременно будут открыты двери на большинстве других этажей; при этом будет и “открыта дверь наружного

выхода”. Очевидно, что такая ситуация требует и другой расчетной модели, поскольку значения параметров противодымной защиты, рассчитанные по “идеалистической” модели, *не в состоянии обеспечить незадымляемости лестничной клетки в этой ситуации*.

Большинство построенных и строящихся зданий имеют нормативное ограничение по этажности и не имеют позонной организации эвакуации и управления ею. Динамика распространения ОФП на ле-

Таблица 3. Время, с, блокирования эвакуационных выходов с этажей в одну из лестничных клеток ОФП на примере здания общежития (см. рис. 2)

Выход в ЛК1	Опасный фактор пожара				
	Температура	Тепловой поток	Концентрация O ₂	Концентрация CO ₂	Потеря видимости
Из здания	542	Н. д.	500	Н. д.	105
На уровне этажа:					
2	807	Н. д.	683	Н. д.	127
3	Н. д.	Н. д.	904	Н. д.	132
4	Н. д.	Н. д.	Н. д.	Н. д.	135
5	Н. д.	Н. д.	Н. д.	Н. д.	140
6	Н. д.	Н. д.	Н. д.	Н. д.	145
7	Н. д.	Н. д.	Н. д.	Н. д.	184
8	Н. д.	Н. д.	Н. д.	Н. д.	278
9	Н. д.	Н. д.	Н. д.	Н. д.	244

Примечание. “Н. д.” означает, что за время моделирования предельно допустимое значение ОФП в контрольной точке не достигается.

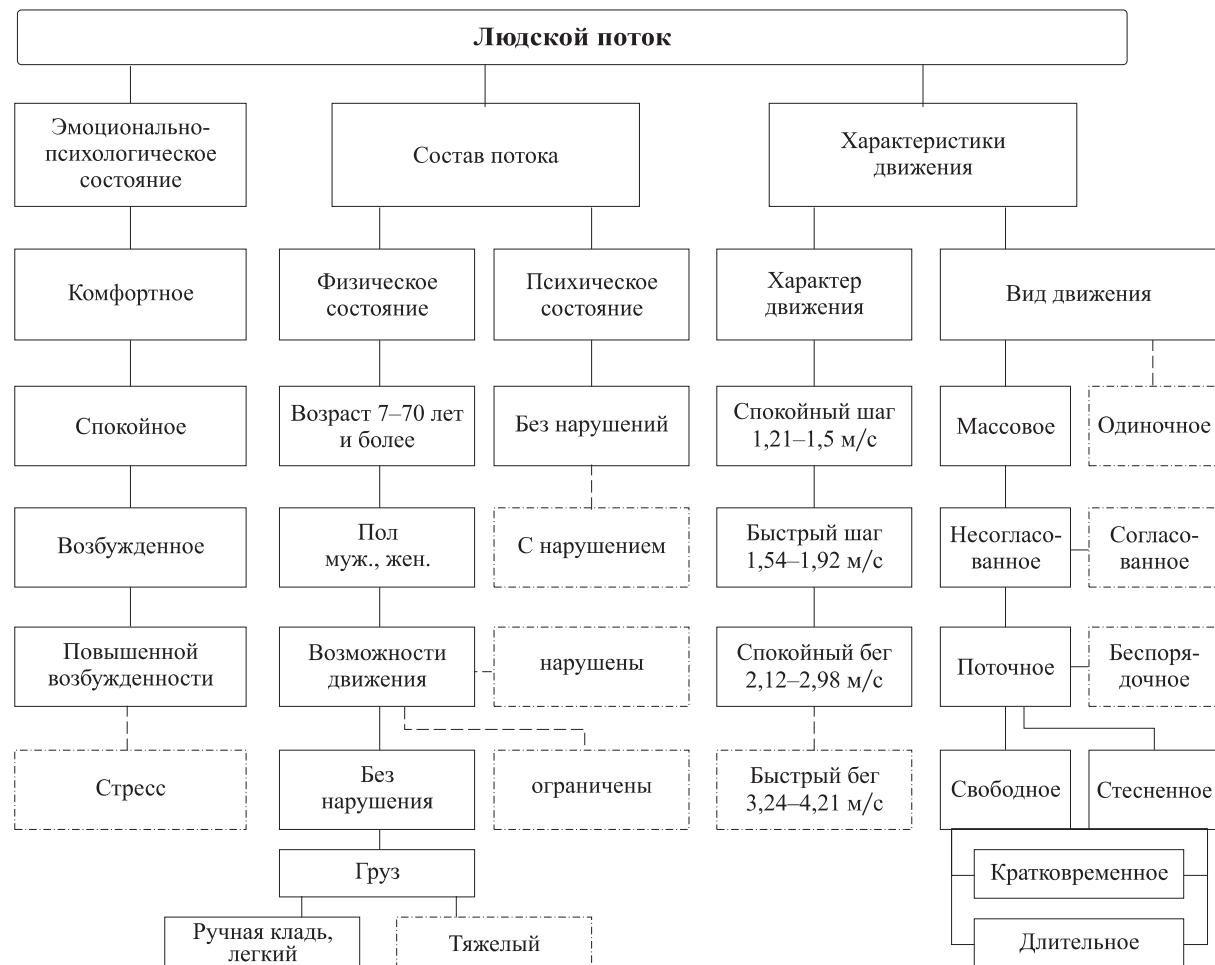


Рис. 7. Психофизиологические характеристики людского потока

стничных клетках таких зданий будет иметь свою специфику в каждом конкретном случае, но общее представление о порядке значений $t_{н.б}$ в лестничной клетке перед выходами с этажей дают данные табл. 3. В данном случае эвакуация людей с первого этажа здания через традиционный выход блокирована пожаром в его вестибюле, поэтому люди с первого этажа вынуждены эвакуироваться через лестничные клетки, имеющие непосредственный эвакуационный выход наружу.

Данные, приведенные в табл. 1–3, показывают весьма ограниченный резерв времени для своевременной эвакуации людей на каждом из ее этапов. Возможные затраты времени людей на эвакуацию зависят прежде всего от их психофизиологических возможностей. В общем случае состав людского потока весьма разнообразен по многим показателям (рис. 7). В поток входит множество людей, одновременно идущих по общему пути в одном направлении. “Отдельные индивиды складываются в массу, которая влияет на них, изменяя их сознание и поведение. . . масса представляет собой некое новое целое, несводимое к сумме входящих в нее людей” [13].

Индивидуальные качества людей в наибольшей степени проявляются на этапе их подготовки к эвакуации, т. е. в период $t_{н.э}$, предшествующий началу эвакуации. ГОСТ 12.1.004 определяет $t_{н.э}$ как интервал времени с момента возникновения пожара до начала эвакуации людей.

Что делает и как ведет себя человек в период $t_{н.э}$?

Прежде всего, каким образом человек может узнать о начале пожара? Если он не находится в помещении очага пожара, а система оповещения о пожаре (система сигнализации) не функционирует, то он узнает о пожаре по его косвенным признакам — достигающим его ОФП в малых концентрациях. Низкая интенсивность воздействия на рецепторы органов чувств человека ОФП в малых концентрациях не позволяет ему сразу же однозначно решить, что действительно произошел пожар. Тогда он выясняет ситуацию, что психологически оправдано: его поведение направлено на минимизацию риска [14, 15] возможной ложной тревоги в среде, в которой он находится. Но на принятие решения, соответству-

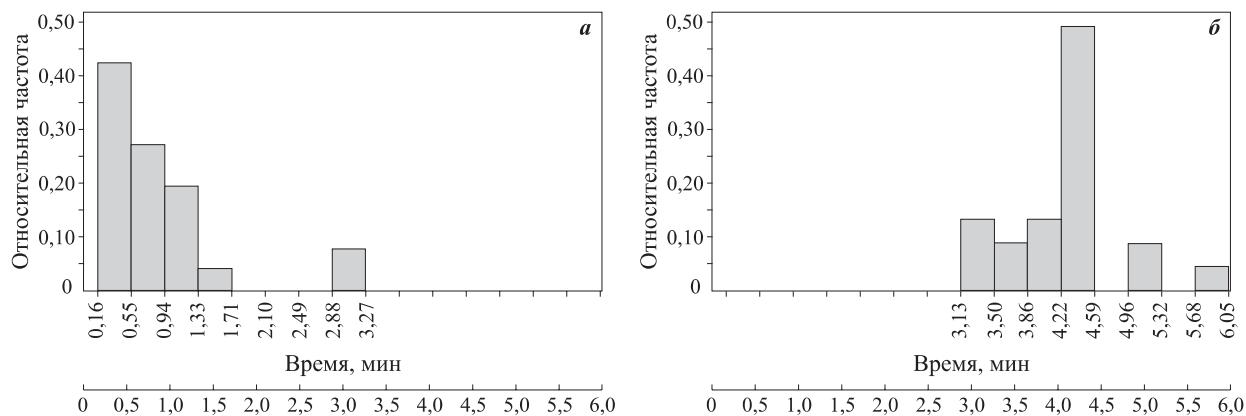


Рис. 8. Эмпирическое распределение плотности вероятности значений $t_{h,3}$ в административных учреждениях при анонсированной (a) и неанонсированной (б) эвакуации

ящегося ситуации, он затрачивает много (в сравнении с интенсивностью распространения ОФП) времени, поскольку сенсорные возможности человека ограничены. Но даже и при исправно функционирующей системе обнаружения и оповещения о пожаре проходит достаточно много времени до оповещения людей о пожаре, что определяется ее технической и организационной инерционностью. К тому же человек не мгновенно [16] реагирует на поступивший сигнал [17].

Получив подтверждение начала пожара, люди не сразу приступают к эвакуации. Зарубежные данные опроса людей, переживших пожар, показывают большое разнообразие предпринимаемых ими действий, прежде чем они приступят к эвакуации. Даже те из них, кто находились в помещении очага пожара, не сразу начинают эвакуацию. При этом более 20 % из них приступают к тушению пожара.

В связи с этим положение ГОСТ 12.1.004 о том, что "... в зданиях (сооружениях) без систем оповещения величину $t_{h,3}$ следует принимать равной 0,5 мин — для этажа пожара и 2 мин — для вышележащих этажей" (приложение 2), как показывают приведенные данные, выглядит **оптимистичным, но необоснованным**.

Комплекс сведений о поведении людей в период до начала эвакуации говорит о том, что параметр $t_{h,3}$ — случайная величина [18]. В нормативно-технических документах нормирование $t_{h,3}$ в виде случайной величины $t_{h,3} = m(t_{h,3}) \pm 3\sigma(t_{h,3})$ впервые применено в МГСН 4.19–2005 (приложение 16.2) [19]. В Методике [6] используются максимальные детерминированные значения этого параметра, определенные по данной формуле. Для подтверждения корректности представления параметра $t_{h,3}$ в виде случайной величины и определения его практически ожидаемых числовых значений нами были проведены натурные наблюдения в зданиях некоторых классов функциональной пожарной опасности

при анонсированной и неанонсированной (без предварительного предупреждения) эвакуации в рамках регулярных тренировочных противопожарных мероприятий. Характерные гистограммы полученных эмпирических распределений плотности вероятности значений $t_{h,3}$ представлены для примера на рис. 8.

В начале эвакуации человек выходит на общий эвакуационный путь и вливается в массу эвакуирующихся людей, образующий поток. Вот здесь-то и начинают действовать те механизмы общего поведения масс, которые нивелируют индивидуальность и определяют новое общее социальное явление, которое в данном случае представляет людской поток. Несмотря на общность психологического состояния людского потока, люди в его составе в силу своих индивидуальных физических и психофизических различий двигаются с различными скоростями [20]. Эти различия и предопределяют такие характерные отличия людского потока от потоков других материалов и веществ, как неравномерность плотности размещения людей по длине потока и его переформирование. "Человеческий фактор" определяет и закономерности формирования скорости людского потока разного состава в зависимости от его плотности и вида пути при различном уровне эмоционального состояния людей в разнообразных реальных ситуациях [15, 21]. Основные положения о закономерностях движения людских потоков для определения расчетного времени эвакуации впервые введены в 1980 г. в СНиП II-2-80 [22, приложение 1], а затем перенесены в ГОСТ 12.1.004 (приложение 2). СНиП II-2-80 [22] содержал и конкретные значения $t_{h,6}$ для последовательных этапов эвакуации в общественных и промышленных зданиях.

С учетом этих значений и с использованием установленных закономерностей движения людских потоков были нормированы размеры эвакуационных путей и выходов в СНиПах по проектированию общественных зданий различного назначения и про-

изводственных зданий промышленных предприятий. Очевидно, что размеры эвакуационных путей и выходов, установленные в этих СНиПах, корректны лишь при указанных в [22] значениях $t_{н.б.}$. ГОСТ 12.1.004 требует определения значения $t_{н.б.}$ расчетом для каждого конкретного случая, которое будет в большинстве случаев отличаться от его значений в СНиП II-2-80 [22]. Следовательно, и размеры эвакуационных путей и выходов, необходимые для обеспечения своевременной и беспрепятственной эвакуации людей, будут значительно отличаться от тех, что приведены в [22]. Тем не менее они были бездумно переписаны в своды правил [23]. Говорят, что СП “разработаны” для удобства пользователей — пожарных инспекторов, проектировщиков, инвесторов. Но удобно ли разработчикам перед населением страны, которое введено ими в заблуждение относительно безопасности пребывания в используемых

им зданиях. В результате происходит дискредитирование основной цели технического регулирования — “защиты жизни и здоровья граждан; предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей” [24, ст. 6]. В этих условиях Методика [6] остается единственным инструментом, позволяющим приблизиться к действительной оценке обеспечения пожарной безопасности людей. Конечно, этот инструмент требует еще корректировки и дополнения, но это инструмент, а не слова-лозунги из СНиП 21.01-97* [10] о безопасности людей и не СП, не проверяемые на пригодность в конкретных ситуациях. Несомненным достоинством Методики [6] является то, что она заставляет разработчиков задуматься об обеспечении безопасности людей и аргументировать принимаемые решения, а не бездумно переписывать общие требования СНиПов, СП и пр., что наблюдается сегодня на практике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ : принят Гос. Думой 4 июля 2008 г. : одобр. Советом Федерации 11 июля 2008 г. // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2008. — № 30 (часть I). — Ст. 3579.
2. Уилмот Т., Пэйш Т. Ужасающие показатели смертности при пожарах в Восточной Европе // Пожаровзрывобезопасность. — 2003. — Т. 12, № 1. — С. 17–18.
3. Брушлинский Н. Н., Глуховенко Ю. М., Клепко Е. А. Динамика пожарных рисков в России в XIX–XXI веках // Пожаровзрывобезопасность. — 2003. — Т. 12, № 4. — С. 11–15.
4. О техническом регулировании : Федер. закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ : принят Гос. Думой 15 декабря 2002 г. // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2002. — № 52 (ч. I). — Ст. 5140 ; 2005. — № 19. — Ст. 1752 ; 2007. — № 19. — Ст. 2293 ; 2007. — № 49. — Ст. 6070 ; 2008. — № 30 (ч. II). — Ст. 3616.
5. Кожушко Т. Г. Экспертиза проектов в области пожарной безопасности высотных зданий // Глобальная безопасность. — 2008. — № 1–2.
6. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : утв. 30.06.2009 приказом МЧС России № 382 ; зарег. в Минюсте РФ 06.08.2009, рег. № 14486 ; введ. 30.06.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
7. Болодъян И. А. Актуальные проблемы противопожарной защиты объектов строительства и реконструкции // Строительная безопасность. — 2004.
8. Pauls J. The movement of people in buildings and design solutions for means of egress // Fire Technology. — 1984. — Vol. 20, No. 3.
9. URL : <http://fire.zloe.net>.
10. СНиП 21-01-97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений : утв. Минстроем РФ 13.02.97 ; введ. 01.01.98. — М. : ГУП ЦПП, 1997; 1999; 2002.
11. Кошмаров Ю. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. — М. : АГПС МЧС России, 2000.
12. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование : утв. Госстроем России 26.06.2003 ; введ. 01.01.2004. — М. : ГУП ЦПП, 2004.
13. Ольшанский Д. В. Психология масс. — М.—СПб. : Питер, 2002.
14. Леонов Ю. П. Теория статических решений и психофизика. — М. : Наука, 1977.
15. Холщевников В. В. Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов: Дис. ... д-ра техн. наук. — М. : МИСИ, 1983.
16. Бэр К. Е. Зависимость нашего представления о мире от длины нашего момента // Доклады на научных собраниях. — СПб, 1864.
17. Холщевников В. В., Самошин Д. А. Эвакуация и поведение людей при пожарах. — М. : АГПС МЧС России, 2009.

18. Холщевников В. В. Определение расчетного времени эвакуации // Общие требования к комплексному обеспечению безопасности многофункциональных высотных зданий. Разд. 1: Противопожарная защита высотных зданий и уникальных комплексов. — М. : Всемирная академия наук комплексной безопасности; Университет комплексных систем безопасности и инженерного обеспечения, 2004. — С. 80–83.
19. МГСН 4.19–2005. Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве : утв. Правительством Москвы 28.12.2005 ; введ. 28.12.2005. — М. : Вестник Мэра и Правительства Москвы № 7, 2006 ; ГУП "НИАЦ", 2006.
20. Предтеченский В. М., Милинский А. И. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков. — М. : Изд-во лит. по стр-ву, 1969; Berlin, 1971; Koln, 1971; Praha, 1972; U. S., New Delhi, 1978; 2-е изд. — М. : Стройиздат, 1979.
21. Закономерности связи между параметрами людских потоков. Диплом № 24-С (автор Холщевников В. В.) // Научные открытия. — М. : Российская академия естественных наук; Международная академия авторов научных открытий и изобретений, 2005. — С. 63–69.
22. СНиП II-2-80. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.
23. СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы. : утв. Приказом МЧС РФ от 25 марта 2009 г. № 171 : введ. в действие 1 мая 2009 г. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
24. Холщевников В. В. Статистика зависимостей между параметрами людских потоков // Сб.: Исследование по основам архитектурного проектирования. — Томск : Томский государственный университет, 1983.

Окончание следует

Материал поступил в редакцию 30 ноября 2010 г.

Электронные адреса авторов: reglement2004@mail.ru; inbox-d@mail.ru; belosokhov86@mail.ru; roman57rus@rambler.ru; ivankudrin@yahoo.com; parf01@inbox.ru.



Изательство «ПОЖНАУКА»

Представляет новую книгу

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



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

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

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



В. В. Теребнев
канд. техн. наук, доцент,
профессор Академии ГПС
МЧС РФ, г. Москва, Россия



С. Г. Казанцев
научный сотрудник УНК "Пожаро-
тушение" Ивановского института
ГПС МЧС РФ, г. Иваново, Россия



М. В. Богомолов
канд. техн. наук, начальник кафедры в со-
ставе УНК "Пожаротушение" Ивановского
института ГПС МЧС РФ, г. Иваново, Россия

УДК 614.843.4

АНАЛИЗ ПОЖАРНЫХ СТВОЛОВ “НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ”

Проведен анализ пожарных стволов “нового поколения” зарубежного и отечественного производства. Предложена классификация пожарных ручных стволов “нового поколения”.

Ключевые слова: ручной пожарный ствол; пожарная нагрузка; тушение пожара; огнетушащие вещества.

В современном мире значительную долю всех чрезвычайных происшествий по-прежнему составляют пожары, и наша страна, к сожалению, не является исключением. За 6 месяцев 2010 г. на территории Российской Федерации зарегистрировано 87 837 пожаров (что на 7,3 % меньше, чем за тот же период прошлого года), при которых погибло 6711 чел. (что на 8,0 % меньше по сравнению с прошлым годом); получили травмы 6931 чел. Подразделениями ГПС спасено 45 623 чел. и материальных ценностей на сумму 18,7 млрд руб. Кроме того, подразделения пожарной охраны совершили более 199 000 выездов на ликвидацию загораний. Несмотря на общее снижение всех показателей статистического отчета МЧС России, необходимо отметить, что это данные лишь за 6 месяцев. Основная же доля пожаров выпала на июль–август 2010 г. — на период лесоторфяных пожаров.

За цифрами официальной статистики МЧС России стоят личные трагедии многих людей. Нельзя при этом не отметить и весьма ощутимый ущерб, который наносится огненной стихией экономике и интересам государства и граждан. Ликвидация последствий стихии, в свою очередь, требует привлечения значительных человеческих сил, технических средств и ресурсов.

К сожалению, арсенал технических средств борьбы с огнем, находящийся в распоряжении пожарных и спасателей, уже не в полной мере отвечает возросшим требованиям современности. Такие неблагоприятные факторы, как недокомплект личного состава, изношенность техники, зачастую морально (да и физически) устаревшие средства борьбы с огнем, нередко приводят к тому, что для успешной ликвидации пожара требуются дополнительные силы и средства, которые могли быть использованы в другом месте.

Для решения данной проблемы необходимо применение нового современного пожарного оборудования, включающего в себя передовые достижения мировой науки и техники. Работы по созданию новых образцов пожарного оборудования постоянно ведутся во всех странах, и, как показывает практика, результаты бывают весьма впечатляющими. Одним из видов такого пожарного оборудования является пожарный ручной ствол [1], о котором и пойдет речь в данной статье.

Тушение большинства пожаров осуществляется при помощи ручных и лафетных пожарных стволов. В зависимости от масштаба пожара, его площади, пожарной нагрузки и других факторов используется соответствующий тип пожарных стволов, обеспечивающий требуемый расход воды.

На сегодняшний день на рынке представлен широкий ассортимент пожарных ручных стволов, предназначенных для подачи воды или раствора пенообразователя при тушении пожаров.

* К стволам “нового поколения” относят пожарные ручные универсальные стволы с регулируемым расходом, а также стволы-автоматы, позволяющие регулировать расход при перепадах давления в сети.

Для комплектации пожарных автомобилей в России широко используются стволы отечественных производителей типа РСП-50, РСК-50, РСП-70, РСК-70, ОРТ-50, ОРТ-50А с неизменным расходом воды [2].

В отличие от применяемых стволов с коническими насадками, создающими сплошные струи, универсальные стволы нового поколения формируют поток распыленной массы огнетушащего вещества (воды или пены), известного на Западе под названием JF (Jet Fog — летящий туман).

Первым и наиболее важным достоинством данных стволов является смена конфигурации струй и расхода воды без прекращения ее подачи. Это реализовано в ствалах различных марок с ручным и автоматическим управлением. В ствалах с ручным управлением расход регулируется с помощью поворотной гайки с предварительно нанесенной на нее условной градацией расхода (рис. 1).

Стволы с автоматическим управлением разработаны для решения проблемы создания мощных струй при ограниченном водоснабжении (рис. 2). В конструкции стволов предусмотрен механизм стабилизации давления, с помощью которого дефлектор изделия изменяет диаметр выходного отверстия ствола. Фактически в стволе автоматически меняется “размер насадка” в зависимости от количества подаваемой воды. Широкий диапазон значений расхода огнетушащих веществ позволяет заменить несколько обычных стволов одним стволов с автоматическим управлением. Перекрытие и подача, а также регулирование расхода воды производятся при помощи хомутового рычага.

Поворотная головка позволяет создавать конфигурацию струи сплошную, распыленную или водяную завесу (зонт). Это дает возможность избежать замены стволов, рукавов, а следовательно, и отвлечения дополнительного личного состава, потому что в зависимости от модели достаточно всего лишь переключить регулятор или изменить ручкой степень открытия ствола.

Не менее важным достоинством является совместное использование сплошной или распыленной струи с водяной завесой в виде зонта. Данная функция просто необходима для защиты ствольщиков во всех случаях, когда на них интенсивно воздействует тепловая радиация (при развившихся пожарах, пожарах на открытых складах лесоматериалов, в резервуарных парках и т. д.) [3, 4].

В обычную практику должна входить отработка действий по ликвидации горения с использованием водяной завесы. Пожарные европейских стран для использования данной функции ствола отрабатывают следующие упражнения:



Рис. 1. Ствол с ручным управлением



Рис. 2. Ствол с автоматическим управлением

1) под прикрытием водяной завесы необходимо подойти к горящему газовому факелу, выходящему из трубы, и перекрыть на ней кран;

2) двое ствольщиков, один из которых вооружен пожарным стволов “нового поколения”, должны подойти максимально близко к открытому пламени под прикрытием зонта и подать ствол на ликвидацию горения.

Такая подготовка в условиях, максимально приближенных к реальным, будет играть огромную роль в поведении и психологии будущих начальников караулов.

Стволы для поглощения и удаления токсичных газов, паров и дыма из горящих помещений применяют при ликвидации аварийных ситуаций в целях уменьшения скорости испарения разлившегося при аварии аммиака или хлора. Наиболее доступный способ, позволяющий снизить скорость испарения указанных жидкых сильнодействующих ядовитых веществ, — разбавление их мелкодисперсной или компактной струей воды, а также растворами нейтрализующих веществ. Мелкодисперсная струя, накрывающая облако испарений, обеспечивает как нейтрализацию самой жидкости, так и абсорбцию и нейтрализацию паров сильнодействующих ядовитых веществ.

Если говорить о дизайнерском исполнении пожарных стволов “нового поколения”, то при всем их многообразии можно выделить общие конструктивные особенности. Все стволы так или иначе состоят из корпуса; пистолетной рукоятки (либо без нее); соединительной головки; поворотной головки с зубчатым насадком, позволяющей регулировать конфигурацию струи (сплошная, распыленная или туманная завеса); шарового крана — хомутового рычага либо другого способа открытия-закрытия крана. А вот что касается расхода пожарных стволов, то в этом вопросе среди производителей пожарных стволов постоянства нет.

Американской фирмой Task Force Tips (TFT) [5] выпускается огромное количество видов пожарных стволов (табл. 1).

Другая американская фирма Akron Brass Company [6] выпускает пожарные стволы с характеристиками, схожими со стволами фирмы TFT.

Японская фирма YONE Corporation [7], специализирующаяся на производстве гидравлического оборудования для пожарной охраны Японии, производит широкий спектр пожарных стволов (табл. 2).

Французская фирма R. PONS [8], кроме соединительных элементов (гайки, фланцы и т. д.), оборудования для автоматических систем пожаротушения, выпускает пожарные ручные и лафетные стволы, а также пенный оборудование (табл. 3).

Английская фирма Delta Fire Ltd [9] производит и поставляет пожарное оборудование более чем в 40 стран мира, в том числе и в Россию. Эти пожарные стволы хорошо зарекомендовали себя (табл. 4).

Таблица 1. Пожарные стволы США

Показатель	Ручное управление				Автоматическое управление	
Модель	Thunder Fog 1,5"	Thunder Fog 2,5"	Quadra Fog 1"	Quadra Fog 1,5"	Mid-Force	Dual-Force ¹⁾
Расход воды ²⁾ , л/с	1,9; 3,8; 6,0; 7,9; 9,5; 12,6	6,0; 7,9; 9,5; 12,6; 16,0	0,4; 0,7; 1,7; 2,5	1,9; 3,8; 6,0; 7,9	4,4–12,7	6–15,8; 6–19,2
Давление, атм	7	7	7	7	7	7
Диаметр соединительной головки, мм	38	66	25	38	38	38; 66
Длина ствола, мм	259	289	184	213	292	330
Масса ствола, кг	2,5	2,9	1,0	1,6	2,2	3,2

¹⁾ Данный тип ствола изготавливается в двух вариациях — 1,5" и 2,5".

²⁾ Приведенные в строке данные означают, что у данного типа ствола имеется соответствующее (равное количеству значений) число положений поворотной головки для регулирования расхода воды.

Таблица 2. Пожарные стволы Японии

Показатель	Ручное управление				Автоматическое управление	
Модель	NV-40CFP	NV-40CF	NV-25CFP	NV-25CF	FN-50 BC	NV-50DM
Расход воды, л/с	0; 3,3; 6,0; 9,2		0; 2,0; 3,9; 6,0		1,3–6,0	0–12,7
Давление, атм	7	7	7	7	7	7
Диаметр соединительной головки, мм	38	38	25	25	38	50
Длина ствола, мм	270	144	197	108	—	—
Масса ствола, кг	2,2	1,1	1,3	0,7	—	—

Таблица 3. Пожарные стволы Франции

Показатель	Ручное управление					Автоматическое управление
Модель	Optrapons 150 M	Optrapons 500 R	Optramatic 500	Optrapons 1000 RM	Optraflux 500	
Расход воды, л/с	0,5; 1,7; 2,5	2,0; 4,2; 6,3; 8,4	2,5; 5,0; 8,4	4,2; 8,4; 12,5; 16,7	0–8,4	
Давление, атм	6	6	6	6	6	
Диаметр соединительной головки, мм	38	38	25	38	38	
Длина ствола, мм	259	289	184	213	292	
Масса ствола, кг	1,5	2,4	2,5	4,6	2,8	

Австрийская фирма Rosenbauer [10], специализирующаяся на производстве мобильной пожарной техники, в зависимости от требований предлагает различные виды пожарных стволов (табл. 5).

К сожалению, до сих пор у нас в стране выпускаются пожарные ручные стволы, разработанные в первые послевоенные годы прошлого века, с коническими насадками, с постоянным расходом, с подачей сплошной струи, струи, “проваливающейся” в пламя.

Современные универсальные пожарные стволы с распыленными струями, которыми оснащены пожарные во всем мире, сейчас у нас также стали рассматриваться в качестве базового вооружения для пожарных частей. Возможно, это отставание было связано с отсутствием отечественного производителя данной продукции.

Российскими фирмами НПО “Инженерный центр пожарной робототехники “ЭФЭР” [11] и

ОАО “Арзамасский завод “Легмаш” [12] впервые в России созданы ручные универсальные пожарные стволы с регулируемым расходом от 2 до 8 л/с, с изменяемой геометрией струи, с насадками, формирующими сплошную и распыленные водяные струи, и с защитным водяным экраном (табл. 6).

Из-за отсутствия должной конкуренции со стороны отечественного производителя комплектование пожарных частей ручными пожарными стволами осуществляется в основном продукцией зарубежных производителей. Кроме этого, само комплектование не регулируется и происходит хаотично, т. е. не единообразно и не одновременно. На сегодняшний день в подразделениях пожарной охраны России представлен весь спектр перечисленной ранее продукции зарубежных производителей.

В связи с огромным выбором пожарных стволов (выше представлена лишь небольшая часть) пред-

Таблица 4. Пожарные стволы Великобритании

Показатель	Ручное управление			Автоматическое управление	
Модель	Delta Attack 100C	Delta Attack 500C	Delta Attack 750C	Delta H500 MID-Range	Delta DM 600
Расход воды, л/с	1,3; 1,7; 2,1	2,1; 4,2; 6,25; 8,4	4,8; 7,7; 6,0; 12,5	0,9–8,4	0,9–11,7
Давление, атм	6	6	6	6	6
Диаметр соединительной головки, мм	25	51	51	25–51	25–51
Длина ствола, мм	230	325	340	315	315
Масса ствола, кг	1,6	1,8	2,4	1,6	2,5

Таблица 5. Пожарные стволы Австрии

Показатель	Ручное управление				Автоматическое управление	
Модель	SelectFlow RB 99 NFPA	SelectFlow RB 100 NFPA	SelectFlow RB 101 NFPA	SelectFlow RB 102 NFPA	ProJet I	ProJet II
Расход воды, л/с	0,4; 0,7; 1,5; 2,5	0,9; 1,7; 2,5; 3,9	2,0; 3,9; 6,0; 8,4	6,0; 8,0; 9,2; 12,5	3,2–7,0	7,4–13,2
Давление, атм	7	7	7	7	7	7
Диаметр соединительной головки, мм	38	38	38	51	38	51
Длина ствола, мм	200	200	230	250	230	250
Масса ствола, кг	1,5	1,5	1,9	3,1	1,9	3,2

Таблица 6. Пожарные стволы России

Показатель	Ручное управление		Автоматическое управление	
Модель	PCKU-50A	PCKU-50A-OM ¹⁾	PCKU-50A-AP	PCKO-50
Расход воды, л/с	2,0; 4,0; 8,0	2,0; 4,0; 8,0	—	0,8–7,0
Давление, атм	4	4	4	4
Диаметр соединительной головки, мм	51	51	51	51
Длина ствола, мм	—	—	—	230
Масса ствола, кг	2,5	2,5	1,9	1,7

¹⁾ В морском исполнении.

лагается классифицировать стволы “нового поколения”:

- по функциональным возможностям:
 - сплошная струя;
 - сплошная струя + распыленная струя;
 - сплошная струя + распыленная струя + защитный экран;
- в зависимости от вида управления:
 - с ручным управлением;
 - с автоматическим управлением;
- по климатическому исполнению:
 - общего назначения;
 - для пожарных автомобилей;
 - в морском исполнении;
- по конструктивному исполнению:
 - в обычном исполнении;
 - с пистолетной рукояткой;
 - с рукояткой playpipe**;
- по исполнению запорного механизма:
 - с помощью шарового перекрывающего клапана;
 - с помощью трубчатого скользящего клапана;
- по расходу огнетушащего вещества:
 - с малым расходом — до 3 л/с (180 л/мин);
 - с нормальным расходом — от 3 до 10 л/с (от 180 до 600 л/мин);

** Конусообразная металлическая трубка на пожарном стволе.

- с большим расходом — от 10 до 20 л/с (от 600 до 1200 л/мин);
- со сверхбольшим расходом — более 20 л/с (более 1200 л/мин);
- по рабочему давлению:
 - низкого давления — до 4 атм;
 - нормального давления — от 4 до 10 атм;
 - высокого давления — более 10 атм;
- с дополнительными функциями:
 - режимом промывки;
 - условным диаметром используемой соединительной головки;
 - возможностью вращения рукава относительно корпуса.

В заключение надо отметить, что оснащение даже старых пожарных автомобилей (уже несколько лет находящихся на дежурстве) новыми универсальными комбинированными ручными стволами значительно повысит их эффективность при ликвидации горения без приобретения дорогостоящих новых мобильных средств. Следует также отметить, что тактические характеристики данных стволов не изучены.

Проанализировав скорость развития науки и техники за последние годы, можно сделать вывод, что требуется регулярный анализ выпускаемой продукции, а также нормативных документов и приведение их в соответствие с нынешними реалиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ : принят Гос. Думой 4 июля 2008 г. : одобр. Советом Федерации 11 июля 2008 г. // Собрание законодательства Российской Федерации. — 2008. — № 30 (часть I). — Ст. 3579.
2. Теребнев В. В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2004. — 248 с.
3. Теребнев В. В., Подгрушный А. В. Пожарная тактика. — Екатеринбург : ООО “Изд-во “Калан”, 2008. — 532 с.
4. Теребнев В. В., Теребнев А. В., Подгрушный А. В., Грачев В. А. Тактическая подготовка должностных лиц органов управления силами и средствами на пожаре. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2004. — 288 с.
5. Task Force Tips. URL : <http://www.tft.com>.
6. Akron Brass Company. URL : <http://www.akronbrass.com>.
7. YONE Corporation. URL : <http://www.yone-co.co.jp>.
8. R. PONS. URL : <http://www.rpons.fr>.
9. Delta Fire Ltd. URL : <http://www.deltafire.co.uk>.
10. Rosenbauer. URL : <http://www.rosenbauer.com>.
11. НПО “Инженерный центр пожарной робототехники “ЭФЭР”. URL : <http://firerobots.ru>.
12. ОАО “Арзамасский завод “Легмаш”. URL : <http://www.azlm.ru>.

Материал поступил в редакцию 18 января 2011 г.
Электронный адрес авторов: sem37.85@mail.ru.



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

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

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

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

Специализированный журнал “Пожаровзрывобезопасность”

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

Журнал “Пожарная безопасность в строительстве”

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

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

1. Реклама на обложке (полноцветная):

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

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

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

4. Рекламные вклейки:

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

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

Тираж: 5000 экз.

Спецпредложение!

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

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

Март 2011 г.

Авторы	Наименование	ISBN	Цена, руб./экз.
НОВИНКИ			
Книги написаны с учетом требований Федерального закона № 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”!			
	Своды правил. Системы противопожарной защиты. — 2009. — 618 с.	Электронная версия	500
	Федеральный закон “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”. — 2010. — 150 с.		220
Антоненко А. А., Буцынская Т. А., Членов А. Н.	Основы эксплуатации систем комплексного обеспечения безопасности объектов: учебно-справочное пособие. — 2010. — 220 с.	978-5-91444-017-3	380
Бабуров В.П., Бабурин В.В., Фомин В.И.	Автоматические установки пожаротушения: учебно-справочное пособие. — 2010.	Готовится к выпуску	
Корольченко А. Я.	Пожарная опасность материалов для строительства: учебное пособие. — 2009. — 217 с.	978-5-91444-013-5	350
Корольченко А. Я., Загорский Д. О.	Категорирование помещений и зданий по взрыво-пожарной и пожарной опасности. — 2010. — 118 с.	978-5-91444-015-9	250
Корольченко А. Я., Корольченко О. Н.	Средства огне- и биозащиты. — Изд. 3-е, перераб. и доп. — 2010. — 250 с.	БЕСПЛАТНО	
Корольченко Д. А., Громовой В. Ю.	Огнетушители. Устройство. Выбор. Применение. — 2010. — 94 с.	978-5-91444-014-02	140
Пилигин Л. П.	Прогнозирование последствий внутренних аварийных взрывов. — 2010. — 380 с.	978-5-91444-016-6	450
Смелков Г. И.	Пожарная безопасность электропроводок. — 2009. — 328 с.	978-5-9901554-2-8	540
Черкасов В. Н., Зыков В. И.	Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: ученое пособие. — 2010. — 430 с.	978-5-91444-020-3	470
Членов А. Н., Буцынская Т. А., Дровникова И. Г., Бабуров В. П., Бабурин В. В., Фомин В. И.	Технические средства систем охранной и пожарной сигнализации: учебно-справочное пособие: в 2 ч. — 2009. — Ч. 1. — 316 с.; Ч. 2. — 300 с.	978-5-91444-008-1	950
СУПЕРСКИДКИ			
Баранин В. Н.	Экономика чрезвычайных ситуаций и управление рисками. — 2004. — 332 с.	5-901-283-02-5	70
Любимов М. М., Собурь С. В.	Пожарная и охранно-пожарная сигнализация: справочник. — Изд. 2-е, с изм. — 2008. — 384 с.: ил.	978-5-98629-001-2	180
Собурь С. В.	Заполнение проемов в противопожарных преградах: пособие. — Изд. 2-е, с изм. и доп. — 2006. — 168 с.	5-98629-005-4	90
Собурь С. В.	Пожарная безопасность: справочник. — Изд. 2-е, с изм. — 2005. — 292 с.	5-98629-001-1	50
Собурь С. В.	Пожарная безопасность общественных и жилых зданий: справочник. — Изд. 3-е, с изм. и доп. — 2007. — 192 с.: ил.	978-5-98629-014-0	125
Собурь С. В.	Пожарная безопасность промпредприятий: справочник. — Изд. 2-е, с изм. — 2007. — 176 с.	5-98629-013-5	110
Собурь С. В.	Пожарная безопасность сельскохозяйственных предприятий: справочник. — 2005. — 88 с.	5-98629-004-6	36

Авторы	Наименование	ISBN	Цена, руб./экз.
Собурь С. В.	Установки пожарной сигнализации: учебно-справочное пособие. — Изд. 5-е, с изм. и доп. — 2006. — 280 с.	5-98629-003-8	150
Собурь С. В.	Установки пожаротушения автоматические: справочник. — Изд. 4-е, с изм. — 2004. — 408 с.: ил.	5-98629-008-9	50
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Грачев В. А.	Транспорт: наземный, морской, речной, воздушный, метро: учебное пособие. — 2007. — 383 с.	5-903049-09-5	280
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Подгрушинский А. В.	Леса, торфяники, лесосклады. — 2007. — 358 с.	5-903049-12-5	280
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Подгрушинский А. В.	Объекты добычи, переработки и хранения горючих жидкостей и газов: учебное пособие. — 2007. — 325 с.	5-903049-11-7	280
Шароварников А. Ф., Шароварников С. А.	Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав. Свойства. Применение. — 2005. — 335 с.	5-903049-02-X	120
<hr/>			
Бондарь В. А.	Электрооборудование для взрывоопасных и пожароопасных зон производств различных отраслей промышленности. — 2009. — 126 с.	978-5-91444-004-3	220
Брушилинский Н. Н., Корольченко А. Я.	Моделирование пожаров и взрывов. — 2000. — 492 с.		540
Грачев В. А., Поповский Д. В., Теребнев В. В.	Газодымозащитная служба: учебно-методическое пособие. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — 2009. — 328 с.	978-5-91444-007-4	350
Грачев В. А., Собурь С. В.	Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД): пособие. — Изд. 2-е, с изм. и доп. — 2007. — 224 с.: ил.	5-98629-006-2	345
Корольченко А. Я.	Процессы горения и взрыва: учебник. — 2007. — 266 с.: ил.	978-5-91444-001-2	450
Корольченко А. Я., Корольченко Д. А.	Основы пожарной безопасности предприятия. Полный курс пожарно-технического минимума: учебное пособие. — 2008. — 314 с.	5-903049-10-9	300
Корольченко А. Я., Корольченко Д. А.	Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник: в 2 ч. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — 2004. — Ч. I. — 713 с.; Ч. II. — 774 с.	5-901283-02-3	2500
Корольченко А. Я., Корольченко О. Н.	Средства огнезащиты. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — 2009. — 560 с.: ил.	978-5-91444-010-4	540
Корольченко А. Я., Трушкин Д. В.	Пожарная опасность строительных материалов: учебное пособие. — 2006. — 232 с.	978-5-91444-006-7	250
Пилигин Л. П.	Обеспечение взрывоустойчивости зданий с помощью предохранительных конструкций. — 2000. — 224 с.: ил.	5-901283-03-1	240
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Грачев В. А.	Справочник спасателя-пожарного: справочник. — 2006. — 528 с.	5-91017-019-8	385
Теребнев В. В., Артемьев Н. С., Шадрин К. В.	Основы пожарного дела: учебное пособие. — 2006. — 328 с.	5-91017-016-3	390
Теребнев В. В., Грачев В. А., Теребнев А. В.	Организация службы начальника караула пожарной части: пособие. — 2007. — 216 с.: ил.	5-901520-06-8-006-2	340
Теребнев В. В., Грачев В. А., Шехов Д. А.	Подготовка спасателей-пожарных. Пожарно-строительная подготовка: учебно-методическое пособие. — 2008. — 350 с.	5-91017-019-9	460

Авторы	Наименование	ISBN	Цена, руб./экз.
Теребнев В. В., Подгрушин А. В.	Пожарная тактика. Основы тушения пожаров. — 2008. — 512 с.	5-91017-019-8	595
Теребнев В. В., Теребнев А. В., Грачев В. А., Шехов Д. А.	Организация службы пожарной части: учебное пособие. — 2008. — 344 с.	5-98629-305-8	460
Теребнев В. В., Теребнев А. В., Подгрушин А. В., Грачев В. А.	Тактическая подготовка должностных лиц органов управления силами и средствами на пожаре: учебное пособие. — 2006. — 304 с.	5-98135-004-0	330
Теребнев В. В., Шадрин К. В.	Подготовка спасателей-пожарных. Пожарно-профилактическая подготовка: учебное пособие. — 2007. — 270 с.	5-91017-019-8	420
	Электронная версия комплекта типовых инструкций по пожарной безопасности для руководителя предприятия		980

ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ!

**ООО “Издательство “Пожнаука” предлагает подписку на 2011 г.
на комплект журналов “Пожаровзрывобезопасность”
и “Пожарная безопасность в строительстве”.**

	Стоимость, руб.
ПОЛУГОДИЕ	
Комплект журналов “Пожаровзрывобезопасность” (6 номеров) и “Пожарная безопасность в строительстве” (3 номера)	3790
Журнал “Пожарная безопасность в строительстве” (3 номера)	1140
ГОД	
Комплект журналов “Пожаровзрывобезопасность” (12 номеров) и “Пожарная безопасность в строительстве” (6 номеров)	7080 (экономия 500 руб.)
Журнал “Пожарная безопасность в строительстве” (6 номеров)	2080 (экономия 200 руб.)

Подписка осуществляется через следующие агентства:

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

Образец заявки для оформления заказа на литературу

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

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

1. Заполните все поля анкеты:

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

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

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

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

А. Я. Корольченко, О. Н. Корольченко
“СРЕДСТВА ОГНЕ- И БИОЗАЩИТЫ”

Изд. 3-е, перераб. и доп. — 2010. — 250 с.



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

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

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

**Внимание!!!
Распространяется
БЕСПЛАТНО!!!**

www.firepress.ru

По вопросам оформления заявки на бесплатное получение справочника просьба обращаться по тел.: (495) 228-09-03 (многоканальный) или по e-mail: mail@firepress.ru



К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

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

Редакция просит авторов при подготовке рукописи руководствоваться изложенными ниже правилами.

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

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

3. Материал статьи излагается в такой последовательности:

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

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

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

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

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

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

9. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Приглашаем Вас к сотрудничеству на страницах нашего журнала.

Mathematical Simulation of Gas-Phase Deciduous Tree Ignition by Ground Lightning Discharge in Large Vessels Approximation Taking into Account Moisture Evaporation

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

Baranovskiy N. V., Cand. of Physics-Mathematics, Senior Research Assistant of Isolate Organization Development of Scientific-Research Institute of Applied Mathematics and Mechanics of Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Gas-phase deciduous tree ignition by ground lightning discharge physical and mathematical model is numerically realized. Large vessels approximation is used. Opportunity of gas-phase deciduous tree ignition by ground lightning discharge in thunder-storm conditions is shown. It is established, that presence of water in large vessels at the initial stage slows down warming up of birch wood. Task is solved in ideal crack approximation. Tree ignition occurs in a place of crack localization. Influence of volt-ampere characteristics of a ground lightning discharge for the delay time of deciduous tree ignition is investigated. Submitted physical and mathematical model can use as additional module in forest fire danger estimation systems. Obtained results have fundamental value for further development of forest fire theory.

Keywords: ignition; ground lightning discharge; evaporation; large vessel.

On the Combustibility of Brewing Barley and Barley Malt

Taubkin I. S., Cand. of Technics, Main Expert of RFC of Judicial Examination of Ministry of Justice of RF, Moscow, Russia

Saklantii A. R., Cand. of Technics, Leading Expert of RFC of Judicial Examination of Ministry of Justice of RF, Moscow, Russia

Rudakova T. A., Cand. of Chemistry, Research Assistant of Enikopolov Institute of Synthetic Polymeric Materials of the RAS, Moscow, Russia

Sukhov A. V., Main Expert of RFC of Judicial Examination of Ministry of Justice of RF, Moscow, Russia

Features of burning of brewing barley and barley malt in embankments under the influence of various sources: heated nichrome spiral; flame of propane-butane burner are considered. The estimation of thermal stream acting on barley and malt during fire tests is carried out. Recommendations on usage of quick tests for definition of barley and barley malt embankments fire risk for research of fire risk of other grain crops embankments are presented.

Keywords: burning; fire risk; barley; smoldering; thermal stream; fire influence; temperature; carbonization.

Mathematical Appropriateness of Fires on the Railway Transport

Kattsyn D. V., Cand. of Technics, Chief of Scientific and Technical Programs Department of the Technical Policy Department of "Russian Railways", PLC, Moscow, Russia

Malygin I. G., Dr. of Technics, Professor, Chief of the Laboratory of Problems of the Organization of Transport Processes of Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences named by N. S. Solomenko, Saint-Petersburg, Russia

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

The given article deduces statistical regularities, characteristic to the beginning the XXI century on basis of the analysis of the data about fires in "Russian railways", PLC. Estimations of the number of fires dynamics, interrelations of number of fires and capital expenses for fire-prevention actions, influences of seasonal prevalence and days of the week on number of fires are taken. Laws of frequency distribution of fire occurrence are defined.

Keywords: railway transport; statistical regularities; number of fires dynamics; fire-prevention actions; laws of frequency distribution of fire occurrence.

Protection of Wildland Urban Interface from Wildfires

Volokitina A. V., Dr. of Agricultural Sciences, Leading Scientific Researcher, Forest Fire Laboratory, Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

Sofronova T. M., Cand. of Agricultural Sciences, Assistant Professor, Astafiev Krasnoyarsk State Pedagogical University, Krasnoyarsk, Russia

Theoretical and practical issues of Wildland Urban Interface (WUI) protection from emergency situations related to wildfires are considered. The background is analyzed for Russia and abroad. Examples are given of inhabited localities destroyed by wildfires and examined by the authors of this paper. A way of protection is suggested on the basis of the use of fire behavior prediction.

Keywords: wildfires; current fire danger rating; fire behavior prediction; vegetation fuel maps; fire preventive arrangement of the territory; active protection measures; backfire.

Supporting Safety of People under Fires in Buildings by the Use of the Respiratory Protective Devices. Part 2. Item under Test. Experimental Procedure

Zaikin S. V., Chief of Engineering and Design Department of CJSC "Teploognezashchita", Sergiev Posad, Russia

Bushmanov S. A., Postgraduate Student of the Department Fire Safety at Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

Parfenenko A. P., Postgraduate Student of Academy of State Fire Fighting Service of Emercome RF, Moscow, Russia

Belosokhov I. R., Postgraduate Student of Academy of State Fire Fighting Service of Emercome RF, Moscow, Russia

Given the description and method of the experiment on the use of respiratory protective devices for people who self-evacuated from the building during the fire, which, under the Federal Law "Technical Regulation on Requirements Fire Safety" № 123-FL, should equipped buildings and facilities of the functional classes of fire hazard F1.1, F1.2, F2.1, F2.2, F3.1, F3.2, F3.4, F4.1, F4.2, F4.3, F5.1.

Keywords: RPD; experiment; evacuation; the actual time of evacuation.

The Paradoxes of Safe Buildings Evacuation Regulations and Their Resolution

Kholshchevnikov V. V., Dr. of Technics, Professor of Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

Samoshin D. A., Cand. of Technics, Academy of State Fire Fighting Service of Emercome RF, Moscow, Russia

Belosokhov I. R., Postgraduate Student of Academy of State Fire Fighting Service of Emercome RF, Moscow, Russia

Istratov R. N., Postgraduate Student of Academy of State Fire Fighting Service of Emercome RF, Moscow, Russia

Kudrin I. S., Postgraduate Student of Academy of State Fire Fighting Service of Emercome RF, Moscow, Russia

Parfenenko A. P., Postgraduate Student of Academy of State Fire Fighting Service of Emercome RF, Moscow, Russia

Occupant fire evacuation is a natural protection process caused by dangerous fire factors which spread intensively

along escape route. Undertaken analysis of dangerous fire factors dynamic revealed that main directions of safe evacuation in various buildings are: application of high-efficient and reliable active fire protection systems; appropriate organization of evacuation for every particular case considering human flow movement laws and psychophysical potential of human behavior who is main functional contingent in the building. The demerits of code's provisions for fire protection of escape routes by active fire protection systems and knowledge about behavior law during evacuation of psycho-physiological weak contingent of people are shown. Data about beginning of observations of behavior this contingent in practical evacuation conditions is presented. Lack of set of rules 1.13130.2009: "Routes of escape and exits" is noted in the article. Shortages for guarantee human safety during evacuation in comparison with position of "Methods of determination of calculated value of fire risk in the buildings and constructions of different classes functional fire hazard" are presented.

Keywords: evacuation; dangerous fire factors; active fire protection systems; system reliability; fire risk; human safety.

Analysis of Fire Barrels of "New Generation"

Terebnev V. V., Cand. of Technics, Professor of Fire Tactics and Service Chair, Academy of State Fire Fighting Service of Emercome RF, Moscow, Russia

Kazantsev S. G., Research Assistant of Research Branch of Scientific Complex "Firefighting", Ivanovo State Institute of Fire-Prevention Service of Emercome RF, Ivanovo, Russia

Bogomolov M. V., Cand. of Technics, Head of Department "Fire Equipment" as Part of the Scientific Complex "Firefighting", Ivanovo State Institute of Fire-Prevention Service of Emercome RF, Ivanovo, Russia

The analysis of fire trunks of "new generation" of foreign and domestic production is carried out. Classification of fire manual trunks of "new generation" is offered.

Keywords: handheld nozzle; fire loading; fire extinguishing; extinguishing agents.

Председатель Редакционного совета:

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

Зам. председателя Редакционного совета:

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

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

д.т.н., профессор В. П. Назаров

Редакционный совет:

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

д.т.н., профессор Н. М. Барбин

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

к.т.н., профессор Е. Е. Кирюханцев

к.т.н. Д. А. Корольченко

к.т.н. В. А. Меркулов

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

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

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

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

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

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

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

профессор Т. Дж. Шилдс

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

Редакция:

Главный редактор журнала
д.т.н., профессор, академик МАНЭБ
А. Я. Корольченко

Шеф-редактор
Н. Н. Соколова

Редактор
Л. В. Крылова

Отдел рекламы и распространения:
Е. В. Майорова

Chairman of Editorial Council:

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

Deputy of Chairman of Editorial Council:

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

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

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

Editorial Council:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Professor Thomas Jim Shields

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

Editorial Office:

Deputy Editor-in-Chief

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

Editor-in-Chief
N. N. Sokolova

Editor
L. V. Krylova

PR and Subscription Section:
E. V. Maiorova

Учредитель – ООО “Издательство “Пожнauка”

Тел./факс: (495) 228-09-03, 737-65-74

121352, г. Москва, а/я 43

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

<http://www.firepress.ru>

ISSN 0869-7493



9 770869 749006

Подписано в печать 09.03.11.

Формат 60×84 1/8. Тираж 5000 экз.

Бумага офсетная №1. Печать офсетная.

Отпечатано в типографии “ГранПри”, г. Рыбинск

Здравствуйте, наши дорогие читатели!

Издательство “Пожнauка” предлагает Вам оформить годовую или полугодовую подписку на журналы “Пожаровзрывобезопасность” и “Пожарная безопасность в строительстве” на 2011 г.

Подписка на полугодие включает в себя шесть номеров журнала “Пожаровзрывобезопасность” и три номера журнала “Пожарная безопасность в строительстве”. Стоимость полугодовой подписки на комплект составляет 3790 руб. (в том числе НДС — 18 %).

Годовая подписка включает в себя двенадцать номеров журнала “Пожаровзрывобезопасность” и шесть номеров журнала “Пожарная безопасность в строительстве”. Стоимость годовой подписки на комплект составляет 7080 руб. (в том числе НДС — 18 %).



ПЕРСОНАЛЬНАЯ ПОДПИСКА на журнал пожаровзрыво- БЕЗОПАСНОСТЬ КУПОН '2011

Издание	Цена подписки, руб., включая НДС	Количество экземпляров	Стоимость подписки, руб.
Комплект журналов “Пожаровзрывобезопасность” и “Пожарная безопасность в строительстве”: полугодие год	3790 7080		
Журнал “Пожарная безопасность в строительстве”: полугодие год	1140 2080		

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

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

ПОДПИСКА:

через ООО “Издательство “Пожнauка”;

через агентство “РОСПЕЧАТЬ”, индекс 83340;

через агентство “АПР”, индекс 83647

(в любом почтовом отделении в каталоге “Газеты и журналы”);

через подписные агентства:

ООО “Интер-почтa”, ООО “Урал-Пресс XXI”,

ООО “Артос-ГАЛ”, ООО “Информнаука”, ЗАО “МК-ПЕРИОДИКА”

Вы можете также отдельно подписатьсь на журнал "Пожарная безопасность в строительстве".

Стоимость полугодовой подписки (три номера) составляет 1140 руб. (в том числе НДС — 18 %). Стоимость годовой подписки (шесть номеров) составляет 2080 руб. (в том числе НДС — 18 %).

Расширяя тематику журнала, в 2011 г. редакция планирует увеличить количество обзоров, посвященных состоянию отечественного рынка средств обеспечения пожарной безопасности. В журнале также будут опубликованы тексты основных нормативных документов в сфере пожарной безопасности и комментарии ведущих специалистов к ним, даны необходимые пояснения.

**Редакция с благодарностью примет все замечания и пожелания
по тематике журнала и содержанию публикуемого материала.
Надеемся на длительное и плодотворное сотрудничество!**



Карточка учета сведений о подписчике

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



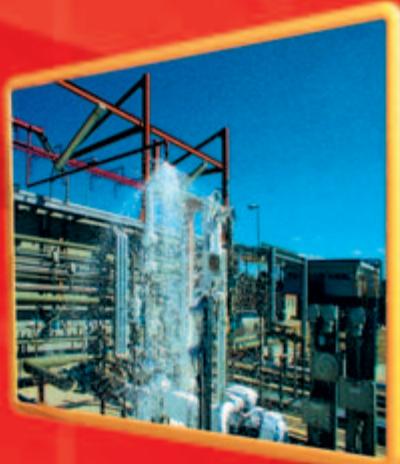
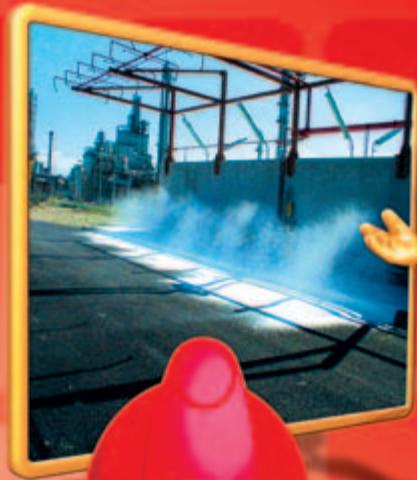
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ

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

ПЕНООБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Шторм-М 3/6

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



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

ISSN 0869-7493



9 770869 749006

РЕКЛАМА