

10-2015

ПОЖ Издательство
НАУКА

ПОЖАРОВЗРЫВО-

БЕЗОПАСНОСТЬ



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0869-7493

КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

пожарная • промышленная • производственная • экологическая

О МЕХАНИЗМЕ
ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ
ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ ВТЦ-7
ВО ВРЕМЯ СОБЫТИЙ 11.09.2001





Системы видеонаблюдения



Охранно-пожарные системы



Системы контроля доступа



Шлагбаумы и автоматика ворот



Кабели и проводники



Вспомогательное оборудование

РЕКЛАМА

ПОКУПАЙ ДЕШЕВЛЕ

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

GENERAL QUESTIONS OF FIRE SAFETY

ЕВДОКИМОВ В. И., ПОТАШЕВ Д. А.
Анализ отечественных патентов на изобретения
в сфере пожарной безопасности (2014 г.)

5

EVDOKIMOV V. I., POTASHEV D. A.
Analysis of domestic patents for inventions
in the sphere of fire safety (2014)

САТЮКОВ Р. С., ШТЕБА Т. В.,
МЕЛЬНИЧЕНКО Ю. В., КОКОРИН В. В.
Классификация помещений и зданий по пожарной
и взрывопожарной опасности: проблемы и несоответствия
современным подходам к обеспечению
пожарной безопасности

13

SATYUKOV R. S., SHTEBA T. V.,
MELNICHENKO Yu. V., KOKORIN V. V.
Classification of premises and buildings
on fire and explosion hazards: the problems
and inconsistencies modern approaches
to fire safety

ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА

COMBUSTION AND EXPLOSION PROCESSES

ВЕРШИНИНА К. Ю., ГЛУШКОВ Д. О., СТРИЖАК П. А.
Характеристики зажигания частиц угля и капель
суспензионного топлива при кондуктивном нагреве

21

VERSHININA K. Yu., GLUSHKOV D. O., STRIZHAK P. A.
Ignition characteristics of coal particles and slurry fuel droplets
under conductive heating

ОГНЕСТОЙКОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

FIRE-RESISTANCE OF BUILDING CONSTRUCTIONS

ЛЕВАШОВ Н. Ф., АКУЛОВА М. В., ПОТЕМКИНА О. В.
Применение методики расчета огнестойкости строительных
конструкций для анализа влияния силикатных добавок
в растворах на свойства защитного слоя арматуры

30

LEVASHOV N. F., AKULOVA M. V., POTEMKINA O. V.
Using methodology of calculation of fire resistance
of structures for analysis of influence silicate additives
in solution at protective layer reinforcement properties

РОЙТМАН В. М.
О механизме прогрессирующего обрушения
высотного здания ВТЦ-7 во время событий
11 сентября 2001 года в Нью-Йорке

37

ROYTMAN V. M.
On the mechanism of progressive collapse of the high-rise
building WTC-7 during events of 11 September 2001
in New York

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ОБЪЕКТОВ

FIRE SAFETY OF BUILDINGS, STRUCTURES, OBJECTS

КОРОЛЬЧЕНКО А. Я., ГЕТАЛО Д. П.
Противопожарные шторы (обзор). Часть 3

45

KOROLCHENKO A. Ya., GETALO D. P.
Fire shields (review). Part 3

СТАТИСТИКА И АНАЛИЗ ПОЖАРОВ

STATISTIC AND ANALYZE OF FIRE

АРЕНС М., БРУШЛИНСКИЙ Н. Н., ВАГНЕР П., СОКОЛОВ С. В.
Обстановка с пожарами в мире
в начале XXI века

51

AHRENS M., BRUSLINSKIY N. N., WAGNER P., SOKOLOV S. V.
Situation with the fires on the earth at the beginning
of the XXI century

ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

FIRE AUTOMATIC

КОРНИЛОВ А. А.
Проблемы применения методики расчета пожарного риска
при обосновании отступлений в части устройства
систем автоматической противопожарной защиты
зданий общественного назначения

59

KORNILOV A. A.
Problems of application of methods of calculation
of fire risk in the justification of the derogation
of the device of automatic fire protection systems
of public buildings

СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

MEANS AND WAYS OF FIRE EXTINGUISHING

КОРОЛЬЧЕНКО Д. А., ШАРОВАРНИКОВ А. Ф., ВЛАСОВ Н. А.
Эффект огнепреграждения при оценке
огнетушащей способности порошковых составов

67

KOROLCHENKO D. A., SHAROVARNIKOV A. F., VLASOV N. A.
Effect of fire obstruct for assessment of fire extinguishing
ability of powder structures

ГАЙНУЛЛИНА Е. В., КРЕКТУНОВ А. А.,
ФОМИНЫХ И. М., ЯКУБОВА Т. В.
Исследование возможности повышения кратности
огнетушащих пен на основе стандартных пенообразователей
путем использования различных модифицирующих добавок

75

GAYNULLINA E. V., KREKTUNOV A. A.,
FOMINYKH I. M., YAKUBOVA T. V.
Studying the possibility of increasing the multiplicity
of fire extinguishing foams using standard foaming agents
through the use of various modifying additives

ВОПРОС – ОТВЕТ

QUESTION – ANSWER

Журнал издается с 1992 г., периодичность выхода — 12 номеров в год.

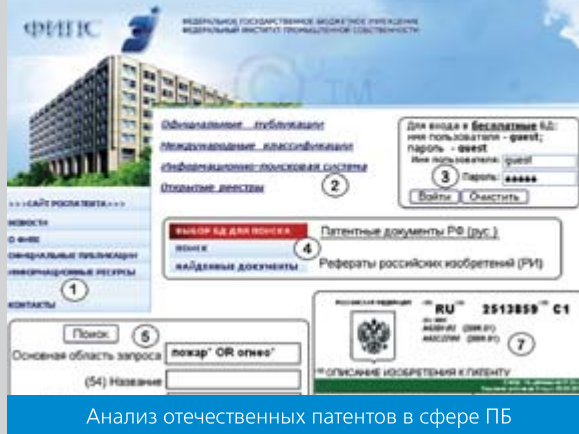
СМИ зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций — свидетельство ПИ № ФС77-43615 от 18 января 2011 г.

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, в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ). Сведения о журнале ежегодно публикуются в Международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям "Ulrich's Periodicals Directory". Переводные версии статей журнала входят в Международный реферативный журнал "Chemical Abstracts".

Перепечатка материалов журнала "Пожаровзрывобезопасность" только по согласованию с редакцией. При цитировании ссылка обязательна.

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

Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов опубликованных материалов.



Председатель Редакционного совета:

Корольченко А. Я., д. т. н., профессор,
академик МАНЭБ (Россия)

Зам. председателя Редакционного совета:

Мольков В. В., д. т. н., профессор (Великобритания)

Редакционный совет:

Барбин Н. М., д. т. н., профессор (Россия)

Брушлинский Н. Н., д. т. н., профессор, академик РАЕН,
заслуженный деятель науки РФ (Россия)

Корольченко Д. А., к. т. н., академик МАНЭБ (Россия)

Мишуев А. В., д. т. н., профессор, академик РАЕН (Россия)

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

Ройтман В. М., д. т. н., профессор, академик НАНПБ
и ВАНКБ (Россия)

Серков Б. Б., д. т. н., профессор, действительный член
НАНПБ (Россия)

Тамразян А. Г., д. т. н., профессор,
действительный член ВАНКБ (Россия)

Топольский Н. Г., д. т. н., профессор, академик РАЕН
и НАНПБ, заслуженный деятель науки РФ (Россия)

Холщевников В. В., д. т. н., профессор, академик
и почетный член РАЕН, заслуженный работник высшей
школы РФ (Россия)

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

Шилдс Т. Дж., профессор (Великобритания)

Редакция:

Главный редактор **Корольченко А. Я.**

Шеф-редактор **Соколова Н. Н.**

Редактор **Крылова Л. В.**

Учредитель —

ООО "Издательство "ПОЖНАУКА"

Тел./факс: (495) 228-09-03, 8 (909) 940-01-85.

Адрес редакции:
121357, Россия, г. Москва, ул. Вересаева, д.10.

Адрес для переписки:
121352, Россия, г. Москва, а/я 43.

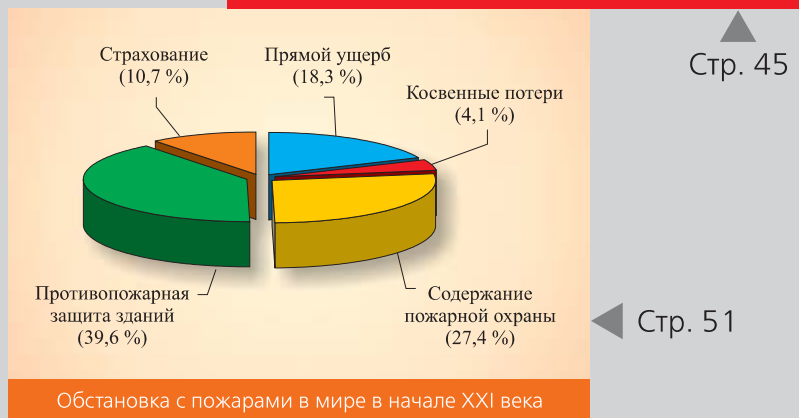
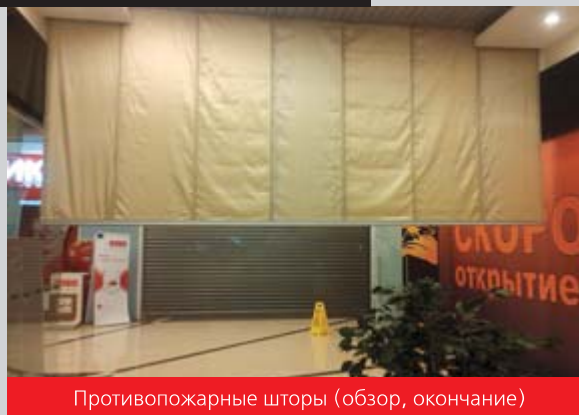
E-mail: info@fire-smi.ru, mail@firepress.ru,
www.fire-smi.ru, www.firepress.ru.

Подписано в печать 15.10.2015. Выход в свет 26.10.2015.

Формат 60x84 1/8. Тираж 2000 экз.

Бумага мелованная матовая. Печать офсетная.

Отпечатано в типографии ООО "УНИВЕРСАЛСЕРВИС"
(115193, г. Москва, ул. Петра Романова, д. 7, стр. 1).



**Founder:**

"POZHNAUKA" Publishing House, Ltd.

Editorial Staff:

Editor-in-Chief **Korolchenko A. Ya.**

Editorial director **Sokolova N. N.**

Editor **Krylova L. V.**

Address of Editorial Staff:

Veresaeva St., 10, Moscow,
121357, Russia.

Post office box 43,
Moscow, 121352, Russia.

Phone/Fax: (495) 228-09-03,
8 (909) 940-01-85

E-mail: info@fire-smi,
mail@firepress

Website: www.fire-smi.ru,
www.firepress.ru

"Pozharovzryvobezопасnost" ("Fire and Explosion Safety") is included in List of periodical scientific and technical publication of the Russian Federation, what are recommended for publishing the main results of competitors for doctoral degree by VAK, in Abstracting Journal and VINITI Database RAS, is included in Russian Citation Index Database.

Information about the journal is annually published in "Ulrich's Periodicals Directory".

No part of this publication may be used or reproduced in any form or by any means without the prior permission of the Publishers.

Reproducing any part of this material a reference to the journal is obligatory.

Authors and advertisers account for contents of given papers and for publishing in the open press. Opinion of Editorial Staff not always coincides with Author's opinion

Signed for printing 15.10.2015

Date of publication 26.10.2015

Format is 60x84 1/8

Printing is 2000 copies

Chalk-overlay mat paper

Offset printing

Chairman of Editorial Board:

Korolchenko A. Ya.,

Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of International Academy of Ecology and Life Safety (Russia)

Deputy Chairman of Editorial Board:

Molkov V. V.,

Doctor of Technical Sciences, Professor (Great Britain)

Editorial Board:

Barbin N. M.,

Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

Brushlinskiy N. N.,

Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of Russian Academy of Natural Sciences, Honoured Scientist of the Russian Federation (Russia)

Korolchenko D. A.,

Candidate of Technical Sciences, Academician of International Academy of Ecology and Life Safety (Russia)

Mishuev A. V.,

Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of Russian Academy of Natural Sciences (Russia)

Puzach S. V.,

Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of National Academy of Fire Science (Russia)

Roytman V. M.,

Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of National Academy of Fire Science, Academician of World Academy of Sciences of Complex Safety (Russia)

Serkov B. B.,

Doctor of Technical Sciences, Professor, Full Member of National Academy of Fire Science (Russia)

Tamrazyan A. G.,

Doctor of Technical Sciences, Professor, Full Member of World Academy of Sciences for Complex Safety (Russia)

Topolskiy N. G.,

Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of Russian Academy of Natural Sciences, Academician of National Academy of Fire Science, Honoured Scientist of the Russian Federation (Russia)

Kholshchevnikov V. V.,

Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician and Honoured Member of Russian Academy of Natural Sciences, Honoured Higher Education Employee of the Russian Federation (Russia)

Shebeko Yu. N.,

Doctor of Technical Sciences, Professor, Full Member of National Academy of Fire Science (Russia)

Shields T. J.,

Professor (Great Britain)

В. И. ЕВДОКИМОВ, д-р мед. наук, профессор, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 4/2; e-mail: 9334616@mail.ru)

Д. А. ПОТАШЕВ, старший преподаватель, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия, 194044, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149; e-mail: dim-po@igps.ru)

УДК 614.84:001.894

АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПАТЕНТОВ НА ИЗОБРЕТЕНИЯ В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ (2014 г.)

Представлен анализ 246 патентов на изобретения, выданных Федеральной службой по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам в 2014 г. Физико-химическим основам развития и прекращения горения, взрывопожароопасности были посвящены 15,3 % изобретений, организации пожаротушения и проведению аварийно-спасательных работ — 7,4 %, пожарной безопасности зданий и сооружений — 5,6 %, пожарной безопасности лесов — 5,9 %, пожарной технике, оборудованию и снаряжению — 34,4 %, производственной и пожарной автоматике — 12,3 %, пожарной безопасности электроустановок — 3 %, прочим — 0,3 %. Установлено, что количество патентов, соотнесенных с классом А62 “Спасательная служба; противопожарные средства” Международной патентной классификации, составляет только 33 %. Показано, что по сравнению с 1994–2013 гг. отмечается значимое увеличение количества выданных патентов по физико-химическим основам горения (вероятность ошибки различий $p < 0,01$) и уменьшение числа патентов по пожарной безопасности технологических процессов и производств ($p < 0,05$), пожарной технике, оборудованию и снаряжению ($p < 0,05$).

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация; пожар; пожарная безопасность; изобретение; патент; Международная патентная классификация; Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам России.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.5-12

Введение

Пожарная безопасность — это состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров [1]. Пожарная безопасность объекта защиты — состояние объекта защиты, которое характеризуется возможностью предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара [2].

Считается, что инновационное развитие отрасли знания следует анализировать при помощи патентно-ассоциированных документов [3–7]. Объектами патентных прав в этом случае являются результаты интеллектуальной деятельности в научно-технической сфере, например изобретения. Такая практика имеет место в ряде отечественных и зарубежных работ, посвященных технологиям пожарной безопасности [8–12].

Изобретение — это техническое решение в любой области, относящееся к продукту (в частности, устройству, веществу, штамму микроорганизма, культуре клеток растений или животных) или способу (процессу осуществления действий над материаль-

ным объектом с помощью материальных средств), в том числе к применению продукта или способа по определенному назначению (ст. 1350 [13]).

Изобретению предоставляется правовая охрана (выдается патент), если оно является новым, имеет изобретательский уровень и промышленно применимо. Изобретение считается промышленно применимым, если оно может быть использовано в промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении и других отраслях экономики или в социальной сфере. Не являются изобретениями:

- 1) открытия;
- 2) научные теории и математические методы;
- 3) решения, касающиеся только внешнего вида изделий и направленные на удовлетворение эстетических потребностей;
- 4) правила и методы игр, интеллектуальной или хозяйственной деятельности;
- 5) программы для ЭВМ;
- 6) решения, заключающиеся только в представлении информации.

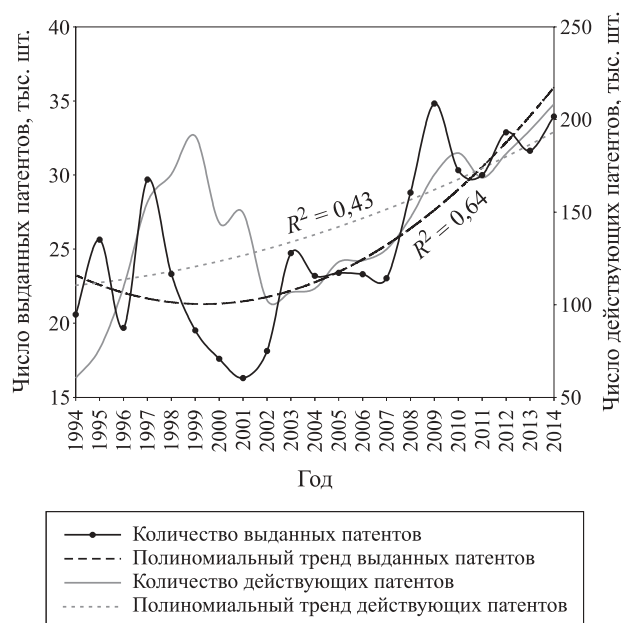


Рис. 1. Динамика изменения количества отечественных патентов на изобретения в период 1994–2014 гг.

Патентные взаимоотношения в Российской Федерации определяются гл. 72 (патентное право) разд. IV Гражданского кодекса [13]. Регистрацию, экспертизу, выдачу и учет патентов на изобретения в России осуществляет Федеральная служба по ин-

теллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (Роспатент). Срок действия патента на изобретение составляет 20 лет с момента официальной регистрации заявки.

В период 1994–2013 гг. Роспатентом выдавались ежегодно по $(24,8 \pm 1,2)$ тыс. патентов на изобретения, в 2014 г. их число составило 33 950. Из рис. 1 видно, что при невысоком коэффициенте детерминации ($R^2 = 0,64$) отмечается ежегодный рост количества выданных патентов на изобретения и действующих патентов на изобретения. На 31 декабря 2014 г. в России действовали 208 320 патентов на изобретения.

Патенты на изобретения в мире соотносятся с Международной патентной классификацией изобретений (МПК), которая имеет базовый и расширенный уровни. С 01.01.2010 г. действует базовая 9-я версия МПК, расширенный уровень которой уточняется ежегодно.

В МПК все патенты на изобретения сгруппированы в восемь разделов, которые обозначаются заглавной буквой латинского алфавита от А до Н (табл. 1). Заголовок раздела отражает его содержание приблизительно. Раздел состоит из классов. В раздел могут входить также подразделы, которые не имеют индексов (см. табл. 1). Индекс класса образуется

Таблица 1. Обобщенная архитектура Международной патентной классификации

Раздел	Под-раздел	Класс, подкласс	Группа, подгруппа	Заголовок рубрики
A	Удовлетворение жизненных потребностей человека			
		Здоровье; спасательная служба; развлечение		
		A62	Спасательная служба; противопожарные средства	
		A62B	Способы и устройства для спасения жизни	
		A62C	Противопожарная техника	
			2/00	Способы и устройства для предотвращения пожара или сдерживания огня
			3/00	Предупреждение пожаров, сдерживание огня или тушение пожаров на особых объектах или местностях (на ядерных реакторах — G21C 9/00)
			3/07	... на транспортных средствах, например дорожных
		A62D	Химические средства тушения пожаров; способы обезвреживания или уменьшения вредности химических отравляющих веществ путем их химического изменения; состав материалов для укрытий или одежды, защищающих от отравляющих химических агентов; состав материалов для прозрачных частей противогазов, респираторов, кислородных мешков или шлемов; состав химических материалов, используемых в дыхательных аппаратах	
B	Различные технологические процессы; транспортирование			
C	Химия; металлургия			
D	Текстиль; бумага			
E	Строительство; горное дело			
F	Машиностроение; освещение; отопление; оружие и боеприпасы; взрывные работы			
G	Физика			
H	Электричество			

из индекса раздела и двузначного числа. Заголовок класса отражает его содержание. Каждый класс МПК содержит один или несколько подклассов. Индекс подкласса состоит из индекса класса и заглавной буквы латинского алфавита. Заголовок подкласса отражает его содержание в максимальной степени. Подклассы делятся на группы и подгруппы.

Изобретения в сфере пожарной безопасности в основном сгруппированы в разделе А “Удовлетворение жизненных потребностей человека”, классе А62 “Спасательная служба; противопожарные средства” (см. табл. 1). Терминология, представленная в классе А62 МПК, отражает формальный перевод понятий, которые могут не в полной мере соотноситься с отечественными определениями отрасли знания.

Цель исследования — провести наукометрический анализ отечественных патентов на изобретения в сфере пожарной безопасности, выданных в 2014 г.

Материалы и методы

Объектом исследования являлась электронная база данных патентов на изобретения Федерального института промышленной собственности (ФИПС) Роспатента (<http://www1.fips.ru>). Поиск осуществляли в такой последовательности (рис. 2). После открытия главной страницы сайта ФИПС при активации на панели слева опции “Информационные ресурсы” (см. рис. 2, поз. 1) открывалась страница общих сведений об информационных ресурсах.

Выбрав опцию “Информационно-поисковая система” (см. рис. 2, поз. 2), переходили на страницу

The screenshot shows the FIPS website interface. On the left is a navigation menu with items like 'ОФИЦИАЛЬНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ' and 'ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ' (labeled 1). The main area has links to 'Официальные публикации', 'Международные классификации', 'Информационно-поисковая система' (labeled 2), and 'Открытые реестры'. A login box on the right contains fields for 'Имя пользователя' (guest) and 'Пароль' (quest) (labeled 3), with 'Войти' and 'Очистить' buttons. Below this is a search section with 'ВЫБОР БД ДЛЯ ПОИСКА' (labeled 4) and buttons for 'поиск' and 'найденные документы'. The search criteria section (labeled 5) includes a search button, a text input with 'пожар* OR огнео*', and filters for '(54) Название', '(11) Номер документа', and '(45) Опубликовано' (2014.04.01–2014.04.30). A results table (labeled 6) shows two documents. The first document's details (labeled 7) include the patent number RU 2513859 C1, IPC class A62B1/02, and a list of authors.

№	Номер публикации	Дата публикации	Название
8.	2514017	2014.04.27	СПОСОБ ОЦЕНКИ ЭНДОГЕННОЙ ПОЖАРООПАСНОСТИ ПРИ ПОДРАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ
9.	2513859	2014.04.20	УСТРОЙСТВО ДЛЯ СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ

Рис. 2. Алгоритм поиска патентов на изобретения в БД ФИПС

входа в бесплатные базы данных (БД) ФИПС. Для использования бесплатной БД вводили имя пользователя “guest” и пароль “guest”. После активации опции “Войти” (см. рис. 2, поз. 3) открывалась страница выбора БД патентных документов.

Используя опции “Патентные документы РФ” и далее — “Рефераты российских изобретений” (рис. 2, поз. 4), можно было просмотреть рефераты изобретений за 1994–2015 гг. Найдя слева информационную опцию “Поиск”, переходили в окно данных поискового запроса (см. рис. 2, поз. 5). Поиск здесь возможен по ключевым словам, номерам патентов, дате выдачи патента, авторам, заявителям и патентообладателям, номерам заявок и дате их опубликования, рубрикам МПК и пр.

Поисковые слова следует усекаать до корня (только для русских слов!), вводить части слов без окончаний и, по возможности, без некоторых суффиксов. Например, усеченному поисковому слову “пожар*” в поисковом режиме соответствуют слова: *пожарный, пожарные, пожарная, пожаровзрывоопасный, пожаробезопасные* и пр. Несколько поисковых слов необходимо соединять операторами электронного поиска. Например, оператор И (and) позволяет находить документы, в которых встречаются сразу все поисковые слова, оператор ИЛИ (or) — слова, встречающиеся в записях вместе и каждое по отдельности, оператор НЕ (end) — исключает из поиска документы, в которых после оператора имеются заданные поисковые слова.

Были использованы поисковые слова “пожар*” или “огнео*”. Заполнение нескольких поисковых окон, например поисковых слов, периода издания (конкретной даты), рубрики МПК и т. д., сужало массив документов поиска. Так, в представленном примере использован поиск патентов, опубликованных в апреле 2014 г. (см. рис. 2, поз. 5). В связи с тем что для просмотра выдавалось не более 100 патентов, массив выдачи патентов дробили, сужая временные границы поиска. При внесении в поисковую форму даты (временного периода) вначале указывается год, затем месяц и только потом день.

Через опцию “Поиск” осуществлялся переход на страницу выдачи перечня найденных патентов (см. рис. 2, поз. 6). Активировав номер (название) патента, открывали его общие сведения, реферат и иллюстрации (рисунки, таблицы, схемы), если таковые имеются (см. рис. 2, поз. 7).

Результаты были проверены на нормальность распределения. Сходство (различия) признаков определяли t -критерием Стьюдента. Распределение количества патентов по годам исследовали при помощи анализа динамических рядов, для чего был использован полиномиальный тренд второго порядка.

Результаты и их анализ

На рис. 3 приведена динамика изменения количества патентов на изобретения, выданных в России. Полиномиальный тренд при невысоком коэффициенте детерминации ($R^2 = 0,69$) показал увеличение количества патентов на изобретения. В период 1994–2013 гг. в России ежегодно выдавалось по (135 ± 7) патентов на изобретения в сфере пожарной безопасности, а в 2014 г. их число резко возросло до 246. Следует отметить, что увеличение изобретений в 2014 г. обусловлено значительным массивом патентов на пожаробезопасный состав бумажно-слоистого пластика (43 названия).

В табл. 2 представлено распределение изобретений по тематике в сфере пожарной безопасности.

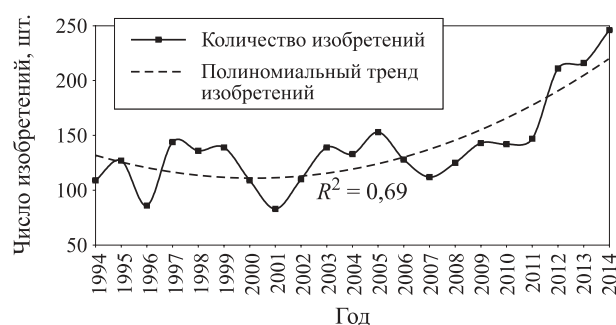


Рис. 3. Динамика изменения числа изобретений в сфере пожарной безопасности в России

Таблица 2. Структура патентов на изобретения по тематике в сфере пожарной безопасности

Тематика	Число патентов, %		p
	1994–2013 гг.	2014 г.	
Физико-химические основы развития и прекращения горения. Взрывопожароопасность	15,3	26,8	<0,01
Организация пожаротушения и проведение аварийно-спасательных работ	7,4	4,9	—
Пожарная безопасность зданий и сооружений	5,6	6,9	—
Пожарная безопасность лесов	5,9	8,5	—
Пожарная безопасность технологических процессов и производств	15,8	17,9	—
Пожарная техника, оборудование и снаряжение	34,4	24,0	<0,05
Пожарная безопасность электроустановок	3,0	2,9	—
Производственная и пожарная автоматика	12,3	7,7	<0,05
Расследование правонарушений	0,3	0,4	—

Таблица 3. Соотнесение патентов на изобретения в сфере пожарной безопасности в 2014 г. с рубриками МПК

Название раздела, класса, подкласса и группы МПК		Количество
Раздел А. Удовлетворение жизненных потребностей человека		
Класс А62. Спасательная служба; противопожарные средства		
Подкласс А62В. Способы и устройства для спасения жизни, в том числе:		7
группа 1.00. Устройства для спасения или защиты		3
группы 7.00; 9.00. Индивидуальные дыхательные маски или аппараты		2
группы 17.00; 35.00. Защитная одежда и ремни		2
Подкласс А62С. Противопожарная техника, в том числе:		90
группы 2.00–4.00. Предотвращение или сдерживание огня; пожаротушение на особых объектах или местностях		30
группа 13.00. Переносные огнетушители, которые находятся постоянно под давлением или накачиваются непосредственно перед использованием		6
группа 27.00. Наземные противопожарные транспортные средства		6
группа 31.00. Подача огнегасительного материала		15
группа 35.00. Стационарное оборудование		16
группа 37.00. Управление противопожарной техникой		7
другие группы		10
Подкласс А62D. Химические средства тушения пожаров..., в том числе:		9
раздел 1.00. Огнегасительные составы; использование химических веществ для тушения пожаров		9
Всего по классу А62		106
Другие по разделу		4
Всего по разделу		110
Раздел В. Различные технологические процессы; транспортирование		
Классы В01–В09. Разделение; смешивание, в том числе:		14
способы и устройства общего назначения для распыления (класс В05)		7
Классы В21–В33. Формование, в том числе:		54
слоистые изделия или материалы (класс В32)		49
Классы В60–В68. Транспортировка		13
Всего по разделу		81
Раздел С. Химия; металлургия		
Класс С08. Органические высокомолекулярные соединения; их получение или химическая обработка; композиции на основе этих соединений		8
Класс С09. Красители; краски; полировальные составы; природные смолы; клеящие вещества		8
Другие		14
Всего по разделу		30
Раздел Е. Строительство; горное дело		
Класс Е04. Наземное строительство, в том числе:		24
подкласс Е04В. Строительные конструкции в целом; стены, например перегородки; крыши; перекрытия; потолки; изоляция или прочие средства и способы защиты строительных конструкций и сооружений		12
Класс Е21. Бурение грунта или горных пород; горное дело		6
Всего по разделу		30
Раздел F. Машиностроение; освещение; отопление; оружие и боеприпасы; взрывные работы		
Классы F01–F04. Двигатели и насосы		8
Классы F15–F17. Общее машиностроение		5
Классы F24–F28. Освещение; отопление		11
Класс F42. Боеприпасы; взрывные работы		5
Всего по разделу		29

Название раздела, класса, подкласса и группы МПК		Количество
Раздел G. Физика		
Классы G01–G21. Приборы, в том числе:		28
сигнализация (класс G08)		21
ядерная физика (класс G21)		3
Всего по разделу		31
Раздел H. Электричество		
Класс 01H. Основные элементы электрического оборудования		6
Другие		4
Всего по разделу		10
Итого		321

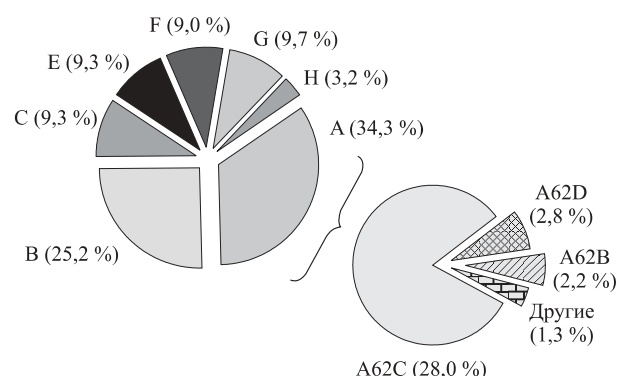


Рис. 4. Структура патентов на изобретения (2014 г.) в сфере пожарной безопасности по рубрикам МПК

Определена структура 2693 патентов, выданных в период 1994–2013 гг. и в 2014 г. Как и следовало ожидать, за 2014 г. было выдано больше патентов по физико-химическим основам горения (вероятность ошибки различий $p < 0,01$). В то же время значительно меньше оказалось изобретений по пожарной безопасности технологических процессов и производств ($p < 0,05$), пожарной технике, оборудованию и снаряжению ($p < 0,05$).

Соотнесение патентов на изобретения, выданных в Роспатенте в 2014 г., с рубриками МПК представлено в табл. 3. В связи с тем что многие патенты относились к нескольким разделам МПК, количество рубрик классификации превышает число проанализированных патентов.

Структура патентов в 2014 г. по разделам МПК приведена на рис. 4. Раздел D МПК в сформированном массиве патентов по пожарной безопасности

не представлен. Необычайно мало оказалось изобретений, отнесенных к классу A62 “Спасательная служба; противопожарные средства”, — только 33 %. В то же время можно полагать, что пожарная безопасность — это система комплексных мероприятий, эффективность которых зависит не только от деятельности противопожарных служб. Неслучайно Государственный рубрикатор научно-технических исследований (ГРНТИ) соотносит отрасль знания “Пожарная безопасность” с рубрикой 81.00.00 “Общие и комплексные проблемы технических и прикладных наук и отраслей народного хозяйства”.

Заключение

Электронный поиск патентов в базе данных Федерального института промышленной собственности позволил сформировать массив из 246 патентов на изобретения в сфере пожарной безопасности, выданных Роспатентом в 2014 г. Количество патентов, соотнесенных с классом A62 “Спасательная служба; противопожарные средства” Международной патентной классификации, составляло только 33 %.

По сравнению с массивом изобретений в сфере пожарной безопасности в период 1994–2013 гг. отмечается значимое увеличение числа выданных патентов по физико-химическим основам горения ($p < 0,01$) и уменьшение количества патентов по пожарной безопасности технологических процессов и производств ($p < 0,05$), пожарной технике, оборудованию и снаряжению ($p < 0,05$). Анализ изобретений позволяет прогнозировать развитие отрасли знания в сфере пожарной безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О пожарной безопасности : Федер. закон от 21.12.1994 № 69 (ред. от 08.03.2015 № 37); принят Гос. Думой 18.11.1994 // Собр. законодательства РФ. — 1994. — № 35, ст. 3649.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.2008 № 123 (ред. от 23.06.2014); принят Гос. Думой 04.07.2008; одоб. Сов. Федерации 11.07.2008 // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.

3. Бобровников Г. Н., Аносов С. А. Проведение информационных исследований при оценке и прогнозировании технического уровня. — М. : АНХ, 1984. — 101 с.
4. Яковец Ю. В., Кузык Б. Н., Кушлин В. И. Прогноз инновационного развития России на период до 2050 года с учетом мировых тенденций // Инновации. — 2005. — № 1. — С. 44–53; № 2. — С. 19–28.
5. Скорняков Э. П., Горбунова М. Э. Патентные исследования на основе баз данных, представленных в Интернете. — М. : Патент, 2014. — 160 с.
6. Alexander A. R. Safety by design: engineers and entrepreneurs invent fire safety in Mexico City, 1860–1910 // Urban History. — 2013. — Vol. 41, Issue 3. — P. 435–455. DOI: 10.1017/S0963926813000242.
7. Buskop W. K. B. Instrumentation technology [is it patentable?] // Proceedings of the 51st Annual ISA Analysis Division Symposium. — Anaheim, CA, United States, 2006. — P. 271–281.
8. Hillel R. Alpert, Richard J. O'Connor, Ron Spalletta, Gregory N. Connolly. Recent advances in cigarette ignition propensity research and development // Fire Technology. — 2010. — Vol. 46, Issue 2. — P. 275–289. DOI: 10.1007/s10694-008-0070-8.
9. Brill P. Fire detection — A whole new world of technology // Building Engineer. — 2011. — Vol. 86, Issue 2. — P. 14–15.
10. Dalton A. Rapid response // Industry Week. — 2005. — Vol. 254, Issue 7. — P. 58–61.
11. Chirko A. S., Karpyshev A. V., Segal M. D. Use of advanced fire fighting technologies of finely atomized water for fire protection of metro objects and tunnels / Underground Space Use. Analysis of the Past and Lessons for the Future // Proceedings of the International World Tunnel Congress and the 31st ITA General Assembly, Istanbul, Turkey, 7–12 May 2005. — Vol. 2, Ch. 154. — P. 1031–1033. DOI: 10.1201/noe0415374521.ch154.
12. Perlik V. I., Kremena A. P. A new approach to fire and environmental safety problem of space launch vehicles launch complexes based on hydroimpulsive dispersion of fire-extinguishing liquid // 57th International Astronautical Congress. Valencia, Spain, 2006. — Vol. 11. — P. 74387–74443. DOI: 10.2514/6.iac-06-d2.2.08.
13. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть четвертая) : Федер. закон от 18.12.2006 № 230-ФЗ (ред. от 06.04.2015 № 82) // Собр. законодательства РФ. — 25.12.2006. — № 52 (ч. I), ст. 5496.

Материал поступил в редакцию 12 мая 2015 г.

Для цитирования: Евдокимов В. И., Поташев Д. А. Анализ отечественных патентов на изобретения в сфере пожарной безопасности (2014 г.) // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 10. — С. 5–12. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.5-12.

English

ANALYSIS OF DOMESTIC PATENTS FOR INVENTIONS IN THE SPHERE OF FIRE SAFETY (2014)

EVDOKIMOV V. I., Doctor of Medical Sciences, Professor, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine of Emercom of Russia (Akademika Lebedeva St., 4/2, Saint Petersburg, 194044, Russian Federation; e-mail address: 9334616@mail.ru)

POTASHEV D. A., Senior Lecturer, Saint Petersburg University of Fire Service of Emercom of Russia (Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 194044, Russian Federation; e-mail address: dim-po@igps.ru)

ABSTRACT

Introduction. Fire safety means security of an individual, property, society and state from the fires. It is considered that innovative development of branch of knowledge should be analyzed using patent associated documents. A research objective — to carry out the analysis of the domestic patents for inventions on fire safety granted in 2014.

Materials and methods. The object of research was an electronic database of patents for inventions of Russian Federal Service for Intellectual Property, patents and trademarks (Rospatent) (<http://www1.fips.ru>). Search word “fire*” truncated by an “asterisk*” was used. Similarity (distinctions) of signs was determined by Student’s t-test. Distribution of patents by years was investigated using dynamic ranking with second-order polynomial regression.

Results and their analysis. The polynomial trend of the number of patents granted in 1994–2014 with low determination coefficient ($R^2 = 0.69$) shows their increase. In the two decades — 1994–2013 (135 ± 7) inventions on fire safety were patented in Russia annually. In 2014, Rospatent registered 246 inventions on fire safety. 15.3 % of inventions were devoted to physical and chemical bases of burning development and termination, explosion and fire safety; 7.4 % were devoted to the organization of fire extinguishing and rescue operations; 5.6 % — to fire safety of buildings and constructions; 5.9 % — to fire safety of the woods; 34.4 % — to the firefighting equipment; 12.3 % — to industry and fire automatic equipment; 3 % — to fire safety of electric units; 0.3 % — to other subjects.

Conclusion. In 1994–2014, an increase in the number of patents for inventions in the field of fire safety was noted. Analysis of inventions makes it possible to predict development of knowledge in the field of fire safety.

Keywords: emergency situation; fire; fire safety; invention; patent; International patent classification; Federal Service for Intellectual Property, to patents and trademarks of Russia.

REFERENCES

1. About fire safety. Federal Law on 21.12.1994 No. 69. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of Russian Federation*, 1994, no. 35, art. 3649 (in Russian).
2. Technical regulations for fire safety requirements. Federal Law on 22.07.2008 No. 123. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 2008, no. 30 (part I), art. 3579 (in Russian).
3. Bobrovnikov G. N., Anosov S. A. *Provedeniye informatsionnykh issledovaniy pri otsenke i prognozirovaniy tekhnicheskogo urovnya* [Carrying out information researches at an assessment and forecasting of a technological level]. Moscow, AKhN Publ., 1984. 101 p.
4. Yakovets Yu. V., Kuzyk B. N., Kushlin V. I. Prognoz innovatsionnogo razvitiya Rossii na period do 2050 goda s uchetom mirovykh tendentsiy [The forecast of innovative development of Russia for the period till 2050 taking into account world tendencies]. *Innovatsii — Innovations*, 2005, no. 1, pp. 44–53; no. 2, pp. 19–28.
5. Skorniyakov E. P., Gorbunova M. E. *Patentnyye issledovaniya na osnove baz dannykh, predstavlenykh v Internet* [Patent researches on the basis of the databases presented on the Internet]. Moscow, Patent Publ., 2014. 160 p.
6. Alexander A. R. Safety by design: engineers and entrepreneurs invent fire safety in Mexico City, 1860–1910. *Urban History*, 2013, vol. 41, issue 3, pp. 435–455. DOI: 10.1017/S0963926813000242.
7. Buskop W. K. B. Instrumentation technology [is it patentable?]. *Proceedings of the 51st Annual ISA Analysis Division Symposium*. Anaheim, CA, United States, 2006, pp. 271–281.
8. Hillel R. Alpert, Richard J. O'Connor, Ron Spalletta, Gregory N. Connolly. Recent advances in cigarette ignition propensity research and development. *Fire Technology*, 2010, vol. 46, issue 2, pp. 275–289. DOI: 10.1007/s10694-008-0070-8.
9. Brill P. Fire detection — A whole new world of technology. *Building Engineer*, 2011, vol. 86, issue 2, pp. 14–15.
10. Dalton A. Rapid response. *Industry Week*, 2005, vol. 254, issue 7, pp. 58–61.
11. Chirko A. S., Karpyshev A. V., Segal M. D. Use of advanced fire fighting technologies of finely atomized water for fire protection of metro objects and tunnels. *Underground Space Use. Analysis of the Past and Lessons for the Future. Proceedings of the International World Tunnel Congress and the 31st ITA General Assembly*. Istanbul, Turkey, 7–12 May 2005, vol. 2, ch. 154, pp. 1031–1033. DOI: 10.1201/noe0415374521.ch154.
12. Perlik V. I., Kremena A. P. A new approach to fire and environmental safety problem of space launch vehicles launch complexes based on hydroimpulsive dispersion of fire-extinguishing liquid. *5th International Astronautical Congress*. Valencia, Spain, 2006, vol. 11, pp. 74387–74443. DOI: 10.2514/6.iac-06-d2.2.08.
13. Civil code of the Russian Federation (part fourth): Federal Law on 18.12.2006 No. 230. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of Russian Federation*, 2006, no. 52 (part 1), art. 5496 (in Russian).

For citation: Evdokimov V. I., Potashev D. A. Analiz otechestvennykh patentov na izobreteniya v sfere pozharoy bezopasnosti (2014 g.) [Analysis of domestic patents for inventions in the sphere of fire safety (2014)]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 10, pp. 5–12. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.5-12.

Р. С. САТЮКОВ, канд. техн. наук, начальник кафедры пожарной безопасности технологических процессов, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: satyukovr@yandex.ru)

Т. В. ШТЕБА, канд. техн. наук, заместитель начальника кафедры пожарной безопасности технологических процессов, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: shtebatv@yandex.ru)

Ю. В. МЕЛЬНИЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: uigps.pbtp@mail.ru)

В. В. КОКОРИН, канд. техн. наук, доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: v.k.ekb@yandex.ru)

УДК 614.841.33

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ И ЗДАНИЙ ПО ПОЖАРНОЙ И ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ: ПРОБЛЕМЫ И НЕСООТВЕТСТВИЯ СОВРЕМЕННЫМ ПОДХОДАМ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Рассмотрены аспекты применения системы категорирования помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности с точки зрения эволюции подходов к обеспечению пожарной безопасности объектов защиты. Показана несогласованность нормативных документов в части, касающейся требований пожарной безопасности к помещениям и зданиям производственных объектов различных категорий. На примерах продемонстрировано, что используемые в настоящее время критерии для отнесения помещений и зданий к той или иной категории не в полной мере характеризуют уровень пожарной опасности для людей, находящихся в них. Показано, что в ряде требований нормативных документов, в первую очередь направленных на обоснование безопасной эвакуации людей при пожаре, с позиций подхода, основанного на категорировании помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, полностью игнорируются некоторые факторы, оказывающие наибольшее влияние на динамику развития опасных факторов пожара.

Ключевые слова: категорирование производств по взрывопожарной и пожарной опасности; уровень пожарной опасности объекта; система обеспечения пожарной безопасности; требования пожарной безопасности; критерии категорирования.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.13-20

Система категорирования производств по взрывопожарной и пожарной опасности зародилась в нашей стране достаточно давно [1] и прошла долгий путь развития, в ходе которого методы и критерии оценки пожарной опасности объекта постоянно совершенствовались с целью дифференциации нормативных требований, позволяющей создать максимально эффективную систему обеспечения пожарной безопасности объекта.

Результатом этого процесса стало то, что на категорировании по взрывопожарной и пожарной опасности основаны если не все, то большинство требований нормативных документов (СНиПов, НПБ), предъявляемых к помещениям и зданиям производственного и складского назначения.

Своды правил, разработанные в развитие Технического регламента о требованиях пожарной без-

опасности [2], унаследовали реализованный ранее в СНиПах и НПБ подход.

Все это свидетельствует, несомненно, в пользу системы категорирования и подчеркивает ее важность как инструмента измерения уровня пожарной опасности объекта. Тем не менее, несмотря на то что с точки зрения специалиста пожарной безопасности вопрос категорирования и последующего определения нормативных требований является одним из самых простых и избитых, имеет место непродуманность, а зачастую и абсурдность трактовки некоторых нормативных положений.

Вопросам совершенствования существующей системы категорирования помещений и зданий по пожарной и взрывопожарной опасности посвящена не одна публикация [3–5]. Проблемные вопросы в этой области активно обсуждаются также на мно-

гих интернет-сайтах по пожарной безопасности, где специалисты, занимающиеся вопросами категорирования, зачастую по-разному толкуют положения СП 12.13130.2009 [6] и разъясняют тонкости верного выбора сценария развития аварии и использования расчетных методов.

Не будем повторяться и останавливаться на отдельных нюансах этого вопроса, а, следуя принципу “зри в корень”, сосредоточимся непосредственно на назначении системы категорирования. При этом, забегаая вперед, сразу начнем с утверждений:

1) по нашему мнению, существующие критерии определения категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности во многих случаях не позволяют оценить реальную пожарную опасность объекта защиты;

2) система категорирования в ее сегодняшнем виде является морально устаревшей и во многом противоречит современным принципам и подходам к обеспечению пожарной безопасности.

В подтверждение данных выводов хотелось бы еще раз обратиться к истории вопроса. С вступлением в силу Федерального закона № 123-ФЗ [2] система категорирования получила качественный скачок в своем развитии благодаря введению нового универсального критерия оценки пожарной опасности объекта — расчетной величины пожарного риска. При этом расчетные методики [7, 8] стали продуктом эволюции государственных стандартов [9, 10], существовавших до этого своей отдельной жизнью и не находивших достаточного отражения в повседневной действительности.

В результате в настоящее время мы имеем для работы два “инструмента”. С одной стороны, это методы определения категорий, изложенные в СП 12.13130.2009 [6], на основании которых осуществляется выбор мероприятий и технических решений, предусмотренных сводами правил. Это, так сказать, упрощенный вариант построения системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты. С другой стороны, это методы определения расчетных величин пожарного риска, позволяющие более точно и взвешенно определить пожарную опасность объекта, оценить степень влияния на нее различных технических решений по обеспечению пожарной безопасности и разработать индивидуальную систему обеспечения пожарной безопасности, учитывающую специфику конкретного объекта защиты. Нельзя однозначно сказать, что эти инструменты существуют обособленно. Напротив, в некоторых аспектах они переплетаются и дополняют друг друга. Исходя из положений ст. 5 и 6 Технического регламента [2], выполнение одного из двух условий (реализация нормативного варианта противопожарной защиты объекта и построение индивиду-

альной системы, позволяющей обеспечить установленную величину пожарного риска) приводит к одному результату и преследует одну основную цель — обеспечение безопасности людей при пожаре. Отсюда следует, что предпосылки, заложенные в основу выполнения обоих условий, и используемые при этом инструменты измерения уровня опасности объекта защиты должны быть сопоставимы и различаться только масштабом и точностью измерений.

Ст. 26 [2] гласит: “Классификация зданий, сооружений и помещений по пожарной и взрывопожарной опасности применяется для установления требований пожарной безопасности, направленных на предотвращение возможности возникновения пожара и обеспечение противопожарной защиты людей и имущества в случае возникновения пожара в зданиях, сооружениях и помещениях”. Так ли это на самом деле?

В части обеспечения противопожарной защиты людей и имущества, казалось бы, так, о чем свидетельствуют названия ряда сводов правил, начинающиеся словами: “Системы противопожарной защиты...”. Между тем знания только категории помещения, как правило, недостаточно. Так, например, согласно СП 5.13130.2009 [11] при выборе параметров установок пожаротушения следует учитывать группу помещений по степени опасности развития пожара, их функциональное назначение и пожарную нагрузку (сгораемые материалы).

В части предотвращения возможности возникновения пожара ситуация еще сложнее. Способы исключения условий образования горючей среды и образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания указаны в ст. 49 и 50 [2]. Далеко не все нормативные документы используют категорию по взрывопожарной и пожарной опасности в качестве критерия, определяющего необходимость реализации названных способов. В частности, для выбора электротехнического и другого оборудования по степени их защиты, обеспечивающей их пожаровзрывобезопасную эксплуатацию, используется такой критерий, как класс пожароопасных и взрывоопасных зон [4]. Одними из немногих нормативных документов, использующих категории помещений для выбора мероприятий этой направленности, являются СП 7.13130.2013 [12] и Правила противопожарного режима в Российской Федерации [13].

Анализ требований, изложенных в нормативных документах по пожарной безопасности, позволяет утверждать, что существующая система категорирования зданий и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности не применяется в полном объеме. За редким исключением, эти требования

Таблица 1. Требуемые расстояния от наиболее удаленного рабочего места в помещении до ближайшего эвакуационного выхода

Объем помещения, тыс. м ³	Категория помещения	Степень огнестойкости здания	Класс конструктивной пожарной опасности здания	Расстояние, м, при плотности людского потока в общем проходе, чел./м ²		
				до 1	св. 1 до 3	св. 3 до 5
До 15	А, Б		С0	40	25	15
		I, II, III, IV	С0	100	60	40
	В1–В3	III, IV	С1	70	40	30
		V	С2, С3	50	30	20
30	А, Б	I, II, III, IV	С0	60	35	25
	В1–В3	I, II, III, IV	С0	145	85	60
		III, IV	С1	100	60	40

Таблица 2. Максимальное расчетное время эвакуации из помещения производственного назначения

Объем помещения, тыс. м ³	Категория помещения	Степень огнестойкости здания	Класс конструктивной пожарной опасности здания	Максимальное расчетное время эвакуации, с, при плотности людского потока в общем проходе, чел./м ²		
				до 1	св. 1 до 3	св. 3 до 5
До 15	А, Б		С0	24	33	36
		I, II, III, IV	С0	60	80	96
	В1–В3	III, IV	С1	42	53	72
		V	С2, С3	30	40	48
30	А, Б	I, II, III, IV	С0	36	47	60
	В1–В3	I, II, III, IV	С0	87	113	144
		III, IV	С1	24	33	36

предъявляются к укрупненным группам помещений категорий: 1) А и Б; 2) В1–В3; 3) В4, Г, Д.

В качестве примера хотелось бы остановиться на требованиях СП 1.13130.2009 [14] в части, касающейся расстояний от наиболее удаленного рабочего места в производственном помещении до ближайшего эвакуационного выхода (табл. 1) [14].

Исходя из указанных требований, можно сделать вывод, что помещения категорий А и Б представляют одинаковую опасность, причем существенно более высокую, чем помещения категории В. Единственным критерием, объединяющим помещения категорий А и Б и при этом отделяющим их от помещений категорий В1–В4, является расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.

При плотности людского потока до 1 чел./м² и средней площади горизонтальной проекции человека 0,125 м² [7] скорость движения людского потока на горизонтальных участках путей эвакуации составляет 100 м/мин, или 1,67 м/с. Таким образом, при угрозе взрыва в помещении предполагается, что человек должен покинуть его за 24 с или на 36 с раньше, чем в случае отсутствия такой опасности.

Какую роль играют эти 36 секунд? Очевидно, что скорость сгорания газо-, паро- или пылевоздушной

смеси значительно выше скорости движения человека, поэтому убежать от взрыва ему не удастся. В случае аварии, которая может привести к взрыву, помещение необходимо покинуть до момента воспламенения горючей смеси, при этом расчетное время развития такой аварии при определении категории помещения находится в диапазоне от 120 до 3600 с.

Результаты расчета времени эвакуации, полученные в соответствии с положениями [7] для нормативных расстояний, указанных в табл. 1, приведены в табл. 2. Как видно из табл. 2, для помещений других категорий (не относящихся к А или Б) время эвакуации определяется в зависимости от класса конструктивной пожарной опасности здания, т. е. горючести, способности к распространению пламени по поверхности, а также воспламеняемости и дымообразующей способности строительных конструкций. При этом удельная пожарная нагрузка в помещении не учитывается.

Данный подход кажется достаточно спорным, ведь легко предположить, что аналогичные показатели у веществ, обращающихся в технологическом процессе, могут быть значительно выше. При выборе критерия требований, направленных на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре,



Рис. 1. План цеха обработки металлических заготовок с выделением (а) и без выделения (б) окрасочного участка

полностью игнорируются такие характеристики горючей нагрузки в помещении, как:

- удельная массовая скорость выгорания горючего вещества;
- линейная скорость распространения пламени;
- удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг горючего вещества;
- удельный расход кислорода;
- дымообразующая способность горящего материала.

Между тем при определении расчетных величин пожарного риска данные показатели будут иметь решающее значение, а следовательно, полученный результат может поставить под сомнение достаточность изложенных в [14] требований. Очевидно, что используемые при определении категорий помещений критерии в данном случае не в полной мере соответствуют целям применения классификации помещений по пожарной и взрывопожарной опасности.

В подтверждение того, что существующие методы определения категории во многих случаях не позволяют оценить реальную пожарную опасность объекта защиты, приведем один пример. Возьмем производственное одноэтажное здание размерами в плане 25×40 м, в котором осуществляются технологические процессы, связанные с механической обработкой металлических заготовок, их окраской и последующей сборкой готовых изделий.

Рассмотрим два варианта обеспечения противопожарной защиты данного производства.

Первый вариант (рис. 1,а) предполагает размещение в здании обособленного окрасочного участка. Приняв во внимание тот факт, что в технологическом процессе обращаются легко воспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки менее 28 °С, а расчетное избыточное давление взрыва составляет 6 кПа, отнесем окрасочный участок к категории А, а ремонтно-механический участок — к категории Г. В соответствии с требованиями нормативных документов помещение окрасочного участка необходимо оборудовать автоматической установкой пожаротушения (АУПТ) [11], отделить его от ремонтно-механического участка противопожарны-

ми перегородками 2-го типа [15] с оборудованием в проемах тамбур-шлюзов, а на самом участке предусмотреть легко сбрасываемые конструкции. Кроме того, все здание будет отнесено к категории А, а следовательно, должно иметь степень огнестойкости не менее IV и класс конструктивной пожарной опасности С0.

Очевидно, что все предъявляемые в данном случае к объекту защиты нормативные требования являются обоснованными и эффективными, но весьма дорогостоящими. Между тем пожарная безопасность объекта (или точнее “условия соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности” [2]) может быть обеспечена менее затратным способом: достаточно просто не выделять участок окраски никакими перегородками (рис. 1,б). Это не противоречит п. 3.3 ГОСТ 12.3.005–75* [16], в соответствии с которым “допускается располагать окрасочные участки и площадки в общих производственных помещениях”.

При рассмотрении того же сценария развития аварии расчетное избыточное давление уменьшится в 3 раза и не будет превышать 2 кПа, поскольку во столько же раз увеличится свободный объем помещения. Следовательно, помещение цеха будет относиться к одной из следующих категорий — В1, В2 или В3, а здание — к категории В. Количество требований, которые предъявляются к зданию категории В, значительно меньше. В частности, требования к огнестойкости здания и классу его конструктивной пожарной опасности предъявляться вообще не будут.

Второй вариант вполне соответствует существующим требованиям пожарной безопасности. Более того, расчет категории здания показывает, что опасность в данном случае будет на порядок ниже. Между тем любой здравомыслящий специалист в области пожарной безопасности поймет, что реальная опасность для людей, находящихся в здании, гораздо выше, так как распространение начавшегося пожара ничем не сдерживается, а значит, ликвидировать его будет значительно сложнее.

Так какую же смысловую нагрузку несет в себе требование п. 20 [13], предписывающее указывать на дверях помещений производственного и складского назначения их категории по взрывопожарной и пожарной опасности? О чем должны сказать эти обозначения и кому?

Работнику объекта, для того чтобы он, входя в помещение, соблюдал необходимые требования пожарной безопасности? Маловероятно. Для него это, скорее всего, бессмысленный набор букв. Более эффективными в этом случае являются информационные и предупреждающие знаки.

Сотруднику пожарной охраны, прибывшему по сигналу о пожаре? Отнюдь. Существующая система категорирования не позволяет сколько-либо достоверно прогнозировать масштаб и характер развития пожара, а дает возможность оценить его развитие лишь на начальной стадии.

Инспектору пожарного надзора для определения перечня нормативных требований, которые должны быть предъявлены? Пожалуй, да. Однако согласитесь, что это требование никоим образом не влияет на обеспечение пожарной безопасности объекта, а подобное облегчение надзора за объектом защиты никак не перекликается с целями создания системы обеспечения пожарной безопасности, изложенными в ст. 5 Технического регламента [2].

За 75 лет, прошедших с момента издания ОСТ 90015–39 [1], впервые разделившего производства “в зависимости от степени пожарной опасности происходящего в здании производственного процесса” на пять категорий, основное поле боя за обеспечение пожарной безопасности переместилось из производственных корпусов предприятий в кабинеты и офисы. Основным “огнетушащим веществом” стала бумага, а главным способом обеспечения пожарной безопасности производства — способ доказательства того, что “величина пожарного рис-

ка не превышает допустимых значений”. Немалую роль в этом сыграло и совершенствование методов определения категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.

В связи с этим приходит на ум “особый диалектический прием, при помощи которого какой-либо вопрос разбивается на бесчисленное множество мелких деталей и случаев и вместо решения вопроса в принципе стараются войти в тончайший и исчерпывающий анализ всех возможных и мысленно представимых случаев” [17]. Однако раз уж мы идем по этому пути, давайте будем последовательными и обеспечим как минимум единство целей.

В заключение хотелось бы сказать, что полный набор аргументов, подтверждающих озвученные в самом начале выводы, в рамках одной статьи привести невозможно. Авторы никоим образом не пытаются оспорить необходимость классификации помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности: такая классификация необходима. Однако, на наш взгляд, назрела серьезная необходимость пересмотра самих подходов к категорированию помещений и зданий с расширением используемых критериев пожарной опасности, а также принципов применения этих категорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОСТ 90015–39. Общесоюзные противопожарные нормы строительного проектирования промышленных предприятий. — Введ. 25.04.1939. — М.—Л. : Госстройиздат, 1939. — 45 с.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.2008 № 123 (ред. от 23.06.2014); принят Гос. Думой 04.07.2008; одобр. Сов. Федерации 11.07.2008 // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579; 2012. — № 29, ст. 3997.
3. *Корольченко А. Я., Загорский Д. О.* Категорирование помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. — М. : Изд-во “Пожнаука”, 2010. — 118 с.
4. *Батманов С. В., Кобелев А. А.* Нормативные требования к классификации взрывоопасных зон и взрывопожароопасных категорий при проектировании производственных помещений // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 5. — С. 6–9.
5. *Баратов А. Н., Пчелинцев В. А., Никонова Е. В.* Совершенствование системы категорирования помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности // Пожаровзрывобезопасность. — 2001. — Т. 10, № 3. — С. 25–27.
6. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности : утв. приказом МЧС России от 25.03.2009 № 182; введ. 01.05.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
7. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах : утв. приказом МЧС РФ от 10.05.2009 № 404 (в ред. от 14.12.2010); введ. 04.03.2011. — М. : МЧС РФ, 2011. — 55 с.
8. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : утв. приказом МЧС России от 30.06.2009 № 382 (в ред. от 12.12.2011) // Российская газета. — 2009. — № 161.
9. ГОСТ 12.1.004–91*. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. — Введ. 01.07.1992. — М. : Изд-во стандартов, 1991; Стандартиформ, 2006.
10. ГОСТ Р 12.3.047–98. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. — Введ. 01.01.2000. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 1998. — 85 с.

11. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с изм. от 01.06.2011) : утв. приказом МЧС РФ от 25.03.2009 № 175; введ. 01.05.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
12. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности : утв. приказом МЧС РФ от 21.02.2013 № 116; введ. 25.02.2013. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2013.
13. Правила противопожарного режима в Российской Федерации : утв. постановлением Правительства РФ от 25.04.2012 № 390; введ. 01.09.2012 // Собрание законодательства РФ. — 07.05.2012. — № 19, ст. 2415.
14. СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы (с изм. от 09.12.2010) : утв. приказом МЧС РФ от 25.03.2009 № 171; введ. 01.05.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
15. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям (с изм. от 18.07.2013) : утв. приказом МЧС РФ от 24.04.2013 № 288; введ. 29.07.2013. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2013.
16. ГОСТ 12.3.005–75. ССБТ. Работы окрасочные. Общие требования безопасности. — Введ. 01.07.1976. — М. : Изд-во стандартов, 1975; Стандартиформ, 2005. — 11 с.
17. Бродский А. И. Casusconscientiae. Казуистика и пробабиллизм с точки зрения современной этики // Nomophilosophans. Сборник к 60-летию профессора К. А. Сергеева. — СПб. : Санкт-Петербургское философское общество, 2002. — С. 279–294.

Материал поступил в редакцию 17 июля 2015 г.

Для цитирования: Сатюков Р. С., Штеба Т. В., Мельниченко Ю. В., Кокорин В. В. Классификация помещений и зданий по пожарной и взрывопожарной опасности: проблемы и несоответствия современным подходам к обеспечению пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 10. — С. 13–20. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.13-20.

English

CLASSIFICATION OF PREMISES AND BUILDINGS ON FIRE AND EXPLOSION HAZARDS: THE PROBLEMS AND INCONSISTENCIES MODERN APPROACHES TO FIRE SAFETY

SATYUKOV R. S., Candidate of Technical Sciences, Head of Fire Safety of Technological Processes Department, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: satyukovr@yandex.ru)

SHTEBA T. V., Candidate of Technical Sciences, Deputy Head of Fire Safety of Technological Processes Department, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: shtebatv@yandex.ru)

MELNICHENKO Yu. V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Fire Safety of Technological Processes Department, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: uigps.pbtp@mail.ru)

KOKORIN V. V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Fire Safety of Technological Processes Department, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: v.k.ekb@yandex.ru)

ABSTRACT

The article raised the question of the formation and development of the system of categorization of premises and buildings of industrial and warehouse use on fire and explosion hazards. The role of this system in the development of regulatory requirements for fire safety is noted.

It is shown that, despite more than 75 years history improve the criteria and methods for determining the category currently contentious issues still are remained, and ambiguous interpretation of certain provisions of Set of rules 12.13130.2009 is allowed.

With the entry into force of the Federal law No. 123 Technical regulations about requirements of fire safety and the introduction of such a criterion of fire safety of objects of protection as the value of the individual fire risk the current system of categorization has become largely obsolete.

Methods for determining the categories of premises and determine the design value of the fire risk, pursuing, in general, a single objective — to assess the level of fire hazard protection object and define the list of requirements of fire safety, sometimes give a different result that calls into question efficiency of a lot of positions of normative documents on fire safety. Consideration of these requirements through the prism of ensuring the standard value of fire risk, questioned the objectivity of the existing criteria categorization, as a tool to measure the level of threat to life and health of people in the building.

The article presents examples that demonstrate that the categories of premises or buildings on the fire and explosion hazards often do not allow to assess the real fire hazard of production.

Keywords: categorization of manufactures for fire and explosion danger; level of fire danger of the object; system of fire security; fire safety requirements; categorization criteria.

REFERENCES

1. *All-Union standard 90015–39. Union-wide fire norms of building design industry*. Moscow – Leningrad, Gosstroyizdat, 1939. 45 p. (in Russian).
2. Technical regulations for fire safety requirements. Federal Law on 22.07.2008 No. 123. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 2008, no. 30 (part I), art. 3579; 2012, no. 29, art. 3997 (in Russian).
3. Korolchenko A. Ya., Zagorskiy D. O. *Kategorirovaniye pomeshcheniy i zdaniy po vzryvopozharnoy i pozharnoy opasnosti* [Categorization of buildings and premises for fire and explosion danger]. Moscow, Pozhnauka Publ., 2010. 118 p.
4. Batmanov S. V., Kobelev A. A. Normativnyye trebovaniya k klassifikatsii vzryvoopasnykh zon i vzryvopozharoopasnykh kategoriy pri proyektirovanii proizvodstvennykh pomeshcheniy [Requirements for explosive zones and fire explosive categories in the design of industrial premises]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 5, pp. 6–9.
5. Baraton A. N., Pchelintsev V. A., Nikonova E. V. Sovershenstvovaniye sistemy kategorirovaniya pomeshcheniy i zdaniy po vzryvopozharnoy i pozharnoy opasnosti [Improving the system for classification of rooms and buildings as to their fire and explosion hazard and fire hazard]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2001, vol. 10, no. 3, pp. 25–27.
6. *Set of rules 12.13130.2009. Determination of categories of rooms, buildings and external installations on explosion and fire hazard*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009 (in Russian).
7. *Technique of determination of settlement sizes of fire risk on production objects*. Moscow, Emercom of Russia, 2011. 55 p. (in Russian).
8. Technique of determination of settlement sizes of fire risk in buildings, constructions and structures of various classes of functional fire danger. *Rossiyskaya gazeta — Russian Newspaper*, 2009, no. 161 (in Russian).
9. *Interstate standard 12.1.004–91*. Occupational safety standards system. Fire safety. General requirements*. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1991; Standartinform Publ., 2006 (in Russian).
10. *State standard of Russian Federation 12.3.047–98. Occupational safety standards system. Fire safety of technological processes. General requirements. Methods of control*. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1998. 85 p. (in Russian).
11. *Set of rules 5.13130.2009. Systems of fire protection. Automatic fire-extinguishing and alarm systems. Designing and regulations rules*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009 (in Russian).
12. *Set of rules 7.13130.2013. Heating, ventilation and conditioning. Fire safety requirements*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2013 (in Russian).
13. Rules of the fire prevention regime in the Russian Federation. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 07.05.2012, no. 19, art. 2415 (in Russian).

14. *Set of rules 1.13130.2009. Systems of fire protection. Evacuation ways and exits.* Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009 (in Russian).
15. *Set of rules 4.13130.2013. Systems of fire protection. Restriction of fire spread at object of defense. Requirements to special layout and structural decisions.* Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2013 (in Russian).
16. *Interstate standard 12.3.005–75. Occupational safety standards system. Painting works. General safety requirements.* Moscow, Izdatelstvo standartov, 1975; Standartinform, 2005. 11 p. (in Russian).
17. Brodskiy A. I. Casusconscientiae. Casuistry and probabilism terms of modern ethics. In: *Homophilosophans. Collection of the 60th anniversary of Professor K. A. Sergeev.* St. Petersburg, St. Petersburg Philosophical Society Publ., 2002, pp. 279–294.

For citation: Satyukov R. S., Shteba T. V., Melnichenko Yu. V., Kokorin V. V. Klassifikatsiya pome-shcheniy i zdaniy po pozharной i vzryvopozharной opasnosti: problemy i nesootvetstviya sovremen-nym podkhodam k obespecheniyu pozharной bezopasnosti [Classification of premises and buildings on fire and explosion hazards: the problems and inconsistencies modern approaches to fire safety]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 10, pp. 13–20. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.13-20.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу

Д. Г. Пронин, Д. А. Корольченко

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕРОВ ПОЖАРНЫХ ОТСЕКОВ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ : монография.

— М. : Издательство "ПОЖНАУКА", 2014. — 104 с. : ил.



Изложены современные подходы к нормированию площадей пожарных отсеков и раскрыты требования к ним. Предложен метод научно-технического обоснования размеров пожарных отсеков с учетом вероятностного подхода на основе расчета пожарного риска. Рассмотрены возможности расчета вероятностных показателей, используемых в разработанном методе. Представлены основные достижения в данном направлении отечественной и зарубежной науки; приведены сведения о положительных и отрицательных сторонах действующей системы технического регулирования.

Монография ориентирована на научных и инженерных работников, занимающихся вопросами проектирования противопожарной защиты зданий и сооружений, а также на научных и практических работников пожарной охраны, преподавателей и слушателей учебных заведений строительного и пожарно-технического профиля, специалистов страховых компаний, занимающихся вопросами оценки пожарного риска.

Монография рекомендуется к использованию при выполнении научно-исследовательских и нормативно-технических работ по оптимизации объемно-планировочных и конструктивных решений зданий и сооружений, в том числе тех, на которые отсутствуют нормы проектирования, а также при проведении оценки страхования пожарных рисков.

Разработанный метод расчета может быть положен в основу технических регламентов и сводов правил в области строительства и пожарной безопасности.

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

К. Ю. ВЕРШИНИНА, аспирант, кафедра автоматизации теплоэнергетических процессов, Энергетический институт, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Россия, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 30; e-mail: vershininaks@gmail.com)

Д. О. ГЛУШКОВ, канд. физ.-мат. наук, инженер-исследователь, кафедра автоматизации теплоэнергетических процессов, Энергетический институт, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Россия, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 30; e-mail: dmitriyog@tpu.ru)

П. А. СТРИЖАК, д-р физ.-мат. наук, профессор, кафедра автоматизации теплоэнергетических процессов, Энергетический институт, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Россия, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 30; e-mail: pavelspa@tpu.ru)

УДК 536.468

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАЖИГАНИЯ ЧАСТИЦ УГЛЯ И КАПЕЛЬ СУСПЕНЗИОННОГО ТОПЛИВА ПРИ КОНДУКТИВНОМ НАГРЕВЕ

Для типичного бурого угля выполнено экспериментальное исследование зажигания пыли, частиц и капель суспензионного топлива (смесь угольной пыли и воды) при взаимодействии с нагретой поверхностью. Установлены механизмы протекания процессов и интегральные характеристики при варьировании температуры источника нагрева от 600 до 850 °С с использованием средств высокоскоростной (до 10⁵ кадров в секунду) видеорегистрации и специализированного программного обеспечения. Показана существенно большая длительность (более чем на 20 %) процесса инициирования горения суспензионного топлива по сравнению с углем при идентичных условиях проведения экспериментов. Выявлены достаточные для устойчивого зажигания рассмотренных топлив темпы нагрева. Показано, что их значения существенно меньше традиционно используемых в топочных устройствах. Акцентируется внимание на повышенной пожарной опасности процессов приготовления и транспортировки таких топлив в энергетических блоках, узлах и агрегатах.

Ключевые слова: уголь; суспензионное топливо; разогретая поверхность; условия зажигания; кондуктивный теплоперенос.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.21-29

Введение

В настоящее время типичными энергоресурсами [1–4] для тепловых электрических станций (ТЭС) являются твердое (уголь), жидкое (мазут) и газообразное (природный газ) топлива. Однако на большинстве объектов теплоэнергетики в качестве основного вида топлива используется уголь [4–6]. Экспертные оценки [6–9] позволяют прогнозировать сохранение такой тенденции в течение ближайших десятилетий вследствие значительных запасов на планете натурального твердого топлива [9], относительно невысокой стоимости его добычи, а также уменьшения потребления жидкого и газообразного видов топлива для нужд теплоэнергетики в связи с ростом объемов их вовлечения в другие отрасли промышленности [10, 11].

Конструкции большинства современных энергетических котлоагрегатов и вспомогательных систем рассчитаны на сжигание определенного вида

топлива. В процессе эксплуатации такого оборудования возможен переход на непроектное топливо [12–14], например на бурые угли близлежащих месторождений, отличающиеся энергетическими и термохимическими характеристиками. Такие виды углей в отличие от каменных характеризуются большим содержанием летучих легковоспламеняющихся компонентов, что повышает риск возникновения нерегламентированных возгораний [15–18] при относительно невысоких температурах окружающей среды на этапах транспортировки, погрузки, хранения и подготовки топлива к сжиганию. Использование низкосортного топлива ведет к увеличению доли оксидов серы, азота и углерода в уходящих дымовых газах. Это является причиной не только ухудшения условий эксплуатации технологического оборудования в связи с ускоренным шлакованием поверхностей нагрева [19, 20], но и роста концентрации вредных веществ в окружающей среде [21, 22].

Одним из возможных путей утилизации твердых и жидких отходов промышленного производства, снижения пожарной опасности топлива, повышения к. п. д. котлоагрегата, улучшения экологической обстановки в окрестности ТЭС является использование двухкомпонентных топлив — водоугольных суспензий (ВУС) [23–27], состоящих из мелкодисперсных частиц низкосортного угля, а также воды или жидких отходов промышленного производства. В результате исследований [24–26] выявлены основные отличия процессов воспламенения и горения капель ВУС и пылевидного твердого топлива при высокотемпературном (около 1300 °С) нагреве конвективным потоком (в условиях функционирования топочных устройств энергетических котлоагрегатов). Установлено [25, 26], что активизация реакционной поверхности ВУС на стадии воспламенения протекает при меньших значениях температуры источника нагрева, а удельная площадь реакционной поверхности в зоне горения возрастает наряду с интенсификацией процесса за счет реакции взаимодействия углерода с водяным паром. В связи с отмеченными преимуществами перспективных для энергетических котлоагрегатов ВУС представляется целесообразным изучение механизмов и интегральных характеристик процессов инициирования горения капель топлива, а также проведение сравнительного анализа условий, необходимых и достаточных для зажигания твердого и суспензионного топлив при тепловом контакте с источником, нагретым до умеренных (не более 800 °С) температур.

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование характеристик зажигания час-

тиц угля и капель суспензионного топлива в условиях кондуктивного нагрева.

Экспериментальный стенд и методы исследований

На рис. 1 приведена схема экспериментального стенда для изучения физико-химических процессов, протекающих при взаимодействии частиц угля и капель ВУС с разогретой поверхностью. В качестве такой поверхности использовано одно из оснований металлического (сталь 20) цилиндра 7 (см. рис. 1) высотой 50 мм и диаметром 25 мм. Его нагрев осуществлялся при помощи индукционного нагревателя 4 (мощность 15 кВт·А, диапазон частот 30–100 кГц). Цилиндр 7 устанавливался таким образом, что одним из оснований он опирался на керамическую пластину, а к другому была подведена спираль индуктора 5 (внутренний диаметр изгиба 30 мм), изготовленная из медной полый трубки диаметром 8 мм. Прогрев материала цилиндра 7 происходил за счет токов Фуко под действием переменного магнитного поля, индуцируемого спиралью 5. Измерение температуры поверхности нагрева T_p осуществлялось контактным [28] и бесконтактным [29] методами — термоэлектрическим термопреобразователем 8 (тип термопары — хромель-алюмель, диапазон измеряемых температур 0–1100 °С, погрешность измерения $\pm 3,3$ °С) и инфракрасным пирометром 9 (диапазон измеряемых температур 200–1500 °С, погрешность измерения 1 %, разрешение 1 °С, спектральный диапазон 8–14 мкм). Поддержание температуры на заданном уровне обеспечивалось регулятором 10 (диапазон температур 40–2200 °С, разрешение 1 °С). Посредством последнего формировался алгоритм

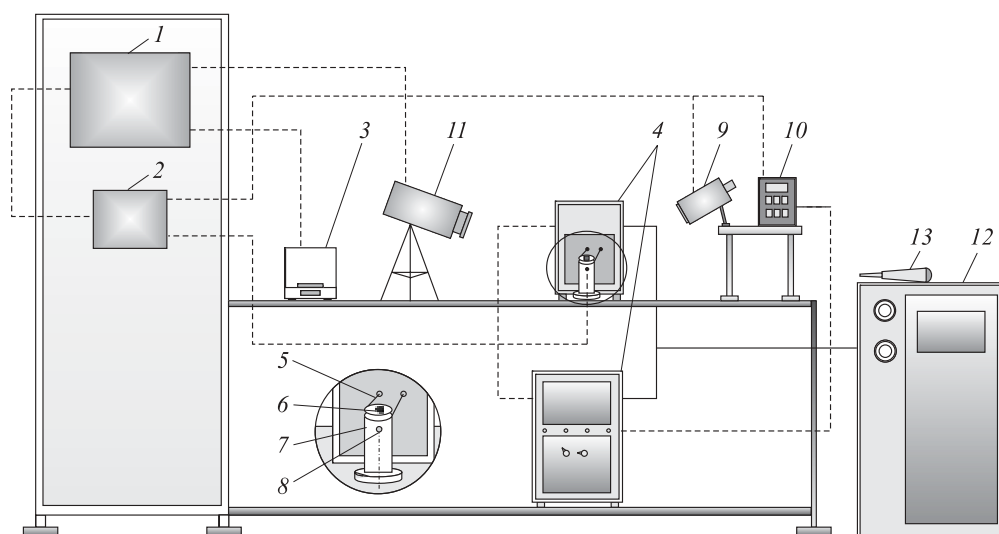


Рис. 1. Схема экспериментального стенда: 1 — панельный компьютер; 2 — регистратор многоканальный; 3 — аналитические весы; 4 — индукционный нагреватель; 5 — спираль (индуктор); 6 — образец топлива; 7 — стальной цилиндр; 8 — термоэлектрический термопреобразователь; 9 — инфракрасный пирометр; 10 — регулятор температуры; 11 — высокоскоростная видеокамера; 12 — чиллер; 13 — дозатор; ---- — линии электрической связи; — — — — — линии циркуляции охлаждающей жидкости

соответствующего режима работы индукционного нагревателя 4 согласно методу управления по отклонению регулируемой величины [30] — температуры поверхности нагрева цилиндра 7. Для водяного охлаждения силовых элементов индукционного нагревателя 4 использовался чиллер 12 (хладопроизводительность 2,8 кВт, температура в водяном контуре 5–35 °С).

Видеорегистрация исследуемых процессов иницирования горения частиц угля и капель ВУС выполнялась с помощью высокоскоростной видеокамеры Phantom Miro M310 11 (максимальная скорость съемки 3260 кадров в секунду при полном разрешении 1280×800 пикселей, размер пикселя 20 мкм, глубина цвета 12 бит, память 16 Гб). Экспериментальные данные (видеограммы, тренды температур) записывались в память панельного компьютера 1 (частота процессора 3,4 ГГц, оперативное запоминающее устройство 8 Гб, постоянное запоминающее устройство 1 Тб) и многоканального регистратора 2 (12 каналов аналогового входа, постоянное запоминающее устройство 2 Гб, диапазон измерений для термоэлектрических термопреобразователей (хромель-алюмель) 50–1300 °С, погрешность измерения ±0,25 %).

В качестве объектов исследования были выбраны три образца топлива на основе бурого угля марки Б2 Бородинского месторождения Красноярского края:

- 1) частицы угля размерами около 1; 3 и 5 мм;
- 2) угольная пыль с размерами частиц около 100 мкм;
- 3) суспензионное топливо на основе угольной пыли (50 %) и воды (50 %) с размером капель около 5 мм.

Характеристики, установленные в результате технического анализа пробы угля, представлены в таблице. При проведении экспериментов масса частиц определялась с использованием аналитических весов 3 (среднеквадратическое отклонение 0,1 г, дискретность 0,0001 г). Средняя масса образцов трех характерных размеров 1; 3 и 5 мм составляла соответственно 20,9; 27,6 и 32,4 мг. Частицы угля имели форму неправильных многогранников, размеры вдоль трех пространственных координат отличались не более чем на 10 %. Масса образцов угольной пыли соответствовала массе частиц угля размерами 1; 3 и 5 мм. Диаметр капель ВУС составлял 5 мм, объем — около 65 мкл.

После стабилизации температуры T_p на заданном уровне исследуемые образцы 6 помещали на поверхность нагрева цилиндра 7. Частицы угля подавали лабораторным пинцетом, угольной пыли — лабораторной мерной ложечкой, капли ВУС — дозатором Finnpiptette Novus 13 (диапазон 10–100 мкл, погреш-

Результаты технического анализа характеристик угля марки Б

Показатель	Значение показателя
Зольность в сухом состоянии A^d , %	4,12
Летучие вещества в сухом состоянии V^{daf} , %	47,63
Высшая теплота сгорания в рабочем состоянии Q_s^r , МДж/кг	22,91

ность 1,5 %, дискретность установки 0,1 мкл). Эксперименты проводили в идентичных и хорошо воспроизводимых условиях при комнатной температуре 22 °С и относительной влажности 65 %. Процессы, протекающие в течение индукционного периода в окрестности образца 6, регистрировались с помощью высокоскоростной видеокамеры 11. В результате анализа видеозаписей при помощи программного обеспечения Tema Automotive [31, 32] устанавливались зависимости интегральных характеристик исследуемого процесса для различных топливных композиций от температуры источника энергии. Разброс экспериментальных данных увеличивался с уменьшением температуры поверхности нагрева, поэтому число опытов при фиксированном значении T_p выбиралось с учетом этой особенности: их количество варьировалось от 6 до 10.

Результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований установлены наиболее характерные отличия процессов иницирования горения частиц и пыли бурого угля, а также капель суспензионного топлива на его основе в условиях кондуктивного нагрева.

Видеограммы, представленные на рис. 2, иллюстрируют типичные стадии зажигания частицы угля. Под действием теплоты источника нагрева происходит испарение влаги и термическое разложение органической части топлива. Вследствие диффузии летучих веществ в окружающую среду в окрестности частицы формируется горючая газовая смесь, которая воспламеняется при достижении некоторых предельных температур и концентраций в системе *горючие газы — окислитель*. Экзотермическая реакция окисления летучих сопровождается тепловыделением, что вызывает рост температуры приповерхностного слоя частицы и скорости реакции разложения. Увеличение концентрации летучих в окрестности частицы приводит к расширению фронта пламени и повышению температуры приповерхностного слоя коксового остатка до значений (около 1700 °С), необходимых и достаточных для гетерогенного горения углерода. Анализ видеозаписей позволил установить, что стадия устойчивого зажигания коксового остатка может начинаться еще до

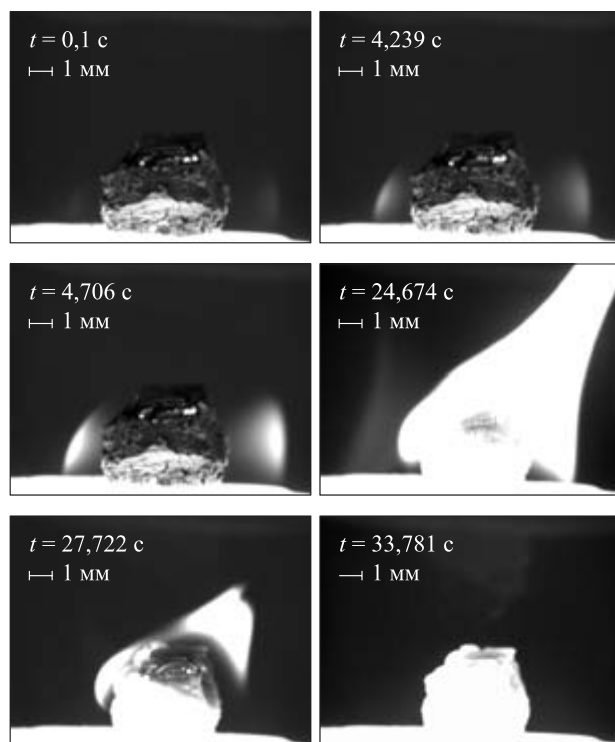


Рис. 2. Типичные видеogramмы зажигания частицы угля размером 5 мм при $T_p \approx 550^\circ\text{C}$

полного выгорания летучих веществ в окрестности частицы угля.

Процесс воспламенения угольной пыли (рис. 3) носит быстротекущий характер. В условиях взаимодействия совокупности мелкодисперсных частиц угля с разогретой поверхностью достаточно сложно выделить отдельные стадии воспламенения (как, например, инертный прогрев и горение летучих), но момент зажигания может быть установлен по появлению на видеозаписи свечения частиц, характерного для протекания экзотермической реакции горения. Время задержки зажигания бурогоугольной пыли в широком диапазоне ($600\text{--}850^\circ\text{C}$) варьирования температуры источника нагрева не превышает 0,05 с.

На рис. 4 представлены типичные видеogramмы процесса зажигания капли ВУС. В результате прогрева образца происходит испарение влаги, сопровождающееся изменением (до 5 %) размера капли. На стадии инертного прогрева инициировалось термическое разложение органической части твердого компонента (угля), входящего в состав ВУС. Выделяющиеся летучие, смешиваясь с воздухом, формируют горючую газовую смесь в окрестности образца. Последующее окисление газообразных продуктов термического разложения в воздухе приводит к интенсификации выгорания углерода. Диспергирование капли ВУС характерно для начального этапа горения летучих. При этом образец сферической формы разрушается. Часть угольной пыли уносится конвек-

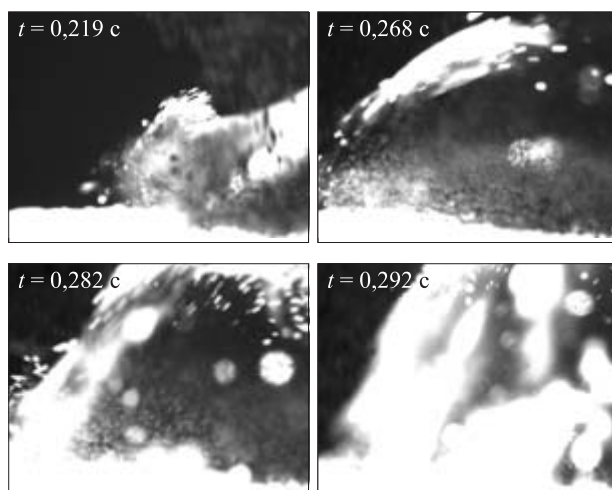


Рис. 3. Типичные видеogramмы зажигания угольной пыли с размером частиц 100 мкм при $T_p \approx 550^\circ\text{C}$

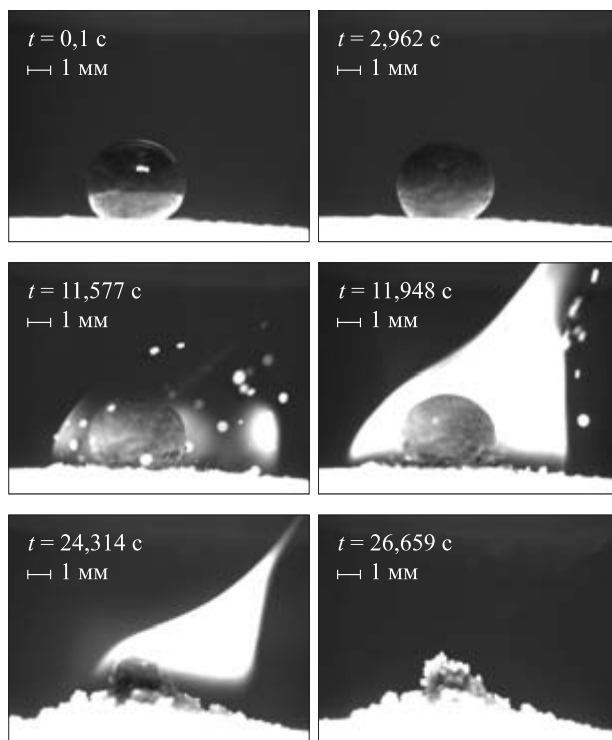


Рис. 4. Типичные видеogramмы зажигания капли суспензионного топлива размером 5 мм при $T_p \approx 550^\circ\text{C}$

тивным газовым потоком, а другая догорает на поверхности разогретой пластины.

Выполненные эксперименты позволили установить зависимость времен задержки зажигания t_d капли ВУС и частиц угольного топлива от температуры нагретой поверхности (рис. 5). Из рисунка видно, что при увеличении размеров угольных частиц требуется более длительный прогрев для инициирования горения. В то же время установленные времена задержки зажигания в диапазоне $t_d < 10$ с иллюстрируют повышенную пожарную опасность возгорания твердых топлив даже в условиях крат-

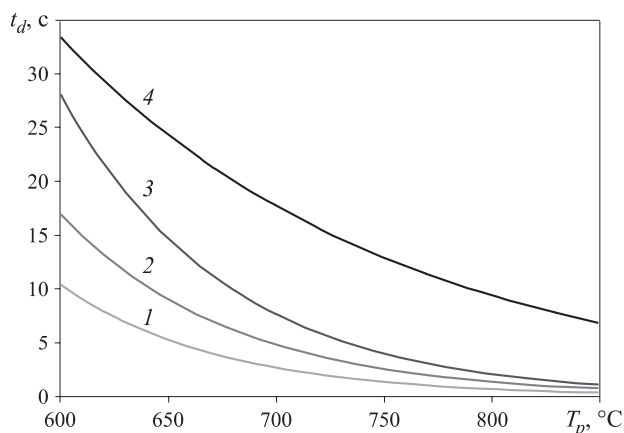


Рис. 5. Времена задержки зажигания частиц угля размером 1 мм (1), 3 мм (2), 5 мм (3) и капле суспензионного топлива размером 5 мм (4) в зависимости от температуры поверхности нагрева

ковременного нагрева, соответствующих типичным стадиям приготовления и подачи топлива. Особенно следует выделить диапазон температур поверхности 750–900 °С, при которых t_d составляет несколько секунд. Эти диапазоны вследствие высокой скорости реализации процессов зажигания соответствуют условиям детонации (взрыва), поэтому они представляют наибольший интерес с точки зрения пожаровзрывобезопасности.

Несмотря на наличие схожих этапов процесса воспламенения (инертный прогрев топлива, испарение влаги, выход летучих веществ и их зажигание, горение углерода), продолжительность аналогичных стадий для частиц твердого органического топлива и капель ВУС может значительно различаться. Установлено, что время инертного прогрева, необходимое для инициирования горения капли ВУС, превышает (более чем на 20 %) аналогичную характеристику для частицы угля при идентичных условиях проведения исследований. Такое существ-

венное отличие обусловлено высоким влагосодержанием ВУС и, следовательно, дополнительными затратами энергии и времени на испарение воды. Эти результаты, несмотря на значительные отклонения t_d , иллюстрируют высокую пожарную опасность отдельных этапов, протекающих при подготовке к сжиганию известных топливных композиций в энергетических блоках.

Заключение

Результаты экспериментов по зажиганию частиц и пыли бурого угля, а также капле суспензионного топлива на его основе при взаимодействии с разогретой пластиной позволили установить существенное влияние размеров частиц на времена задержки их зажигания. Показано, что длительность процесса инициирования горения капли суспензионного топлива существенно выше (более чем на 20 %) по сравнению с частицей угля при идентичных условиях проведения исследований. Выявлены диапазоны температур поверхности (700–850 °С для частиц угля, 800–850 °С для капель ВУС), при которых время реализации исследуемых пожароопасных процессов не превышает нескольких секунд. Полученные результаты можно использовать при прогнозировании предельных условий, характерных для нерегламентированных возгораний на энергетических установках, а также при объяснении причин соответствующих аварий, пожаров и взрывов.

Экспериментальное исследование инициирования горения капель суспензионного топлива выполнено за счет средств Российского научного фонда (проект № 15-19-10003). Исследование зажигания частиц угля проведено при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 14-03-31304 мол_а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Олимпиев В. В. Экономия энергетических и финансовых затрат при эксплуатации основных резервуаров мазутных хозяйств ТЭС и котельных // Теплоэнергетика. — 2003. — № 9. — С. 40–45.
- Неуймин В. М. Результаты экономического и энергетического анализа ТЭС с энергоблоками на природном газе // Энергетик. — 2013. — № 7. — С. 2–5.
- Belošević S., Tomanović I., Beljanski V., Tucaković D., Živanović T. Numerical prediction of processes for clean and efficient combustion of pulverized coal in power plants // Applied Thermal Engineering. — 2015. — Vol. 74. — P. 102–110. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2013.11.019.
- Алехнович А. Н., Богомолов В. В., Артемьева Н. В. Характеристики новых энергетических углей, сжигаемых на ТЭС России // Энергетик. — 2013. — № 6. — С. 83–87.
- Саламов А. А. О новом поколении пылеугольных ТЭС в теплоэнергетике // Энергетик. — 2007. — № 9. — С. 25–27.
- Саломатов В. В. Состояние и перспективы угольной и ядерной энергетик России (Обзор) // Теплофизика и аэромеханика. — 2009. — Т. 16, № 4. — С. 531–544.
- Саркисян В. А. Уголь и природный газ в энергетике России // Уголь. — 2003. — № 10 (930). — С. 17–19.

8. Снеткова И. М. Некоторые аспекты проблемы соотношений добычи и использования мировых энергетических ресурсов // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2010. — № 1. — С. 147–153.
9. Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года. — М. : ИНЭИ РАН, 2013. — 108 с.
10. Попов Ю. В., Макаров А. К., Плешакова Н. А., Занозина И. И. Перевод ЭЛОУ-АВТ-6 на переработку высокосернистых нефтей и увеличение производительности установки // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. — 2012. — № 7. — С. 21–23.
11. Иванов С. И., Бусыгин И. Г., Бусыгина Н. В. Перспективные технологии глубокой промышленной переработки природного газа // Газовая промышленность. — 2005. — № 7. — С. 58–60.
12. Захматов В. Д. Угроза государственной программе по энергетической независимости Украины — переводу газовых электростанций на угольную пыль // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 8. — С. 63–69.
13. Алехнович А. Н., Богомолов В. В. Применение смесей углей на ТЭС для расширения топливной базы и решения вопросов экологии // Электрические станции. — 2010. — № 4. — С. 2–8.
14. Гиль А. В., Старченко А. В., Заворин А. С. Применение численного моделирования топочных процессов для практики перевода котлов на непроектное топливо : монография. — Томск : STT, 2011. — 181 с.
15. Avila C., Wu T., Lester E. Estimating the spontaneous combustion potential of coals using thermogravimetric analysis // Energy and Fuels. — 2014. — Vol. 28, No. 3. — P. 1765–1773. DOI: 10.1021/ef402119f.
16. Портола В. А., Торосян Е. С. Интенсификация процесса самовозгорания угля при перевозке автомобильным транспортом // Безопасность труда в промышленности. — 2015. — № 1. — С. 46–49.
17. Амельчугов С. П., Быков В. И., Цыбенова С. Б. Самовозгорание пыли бурого угля. Эксперимент, определение кинетических параметров и численное моделирование // Физика горения и взрыва. — 2002. — Т. 38, № 3. — С. 48–54.
18. Портола В. А. Опасность самовозгорания угольной пыли // Безопасность труда в промышленности. — 2015. — № 6. — С. 36–39.
19. Финкер Ф. З., Кубышкин И. Б., Митрюхин А. Г., Дульнева Л. Т., Кацман В. М. Об организации работы котлов П-67 на бурых углях Канско-Ачинского бассейна в бесшлаковочном режиме // Энергетик. — 2010. — № 2. — С. 12–15.
20. Бойко Е. А., Жадовец Е. М., Янов С. Р. Анализ тепловой эффективности полурadiaционных и конвективных поверхностей нагрева пылеугольных паровых котлов // Электрические станции. — 2010. — № 10. — С. 41–46.
21. Саламов А. А. Золошлаковые отходы европейских ТЭС // Энергетик. — 2014. — № 10. — С. 35–38.
22. Куликов М. А., Гаврилов Е. И., Демин В. Ф., Захарченко И. Е. Риски воздействия атмосферных выбросов электростанций на здоровье населения // Теплоэнергетика. — 2009. — № 1. — С. 71–76.
23. Горлов Е. Г., Серегин А. И., Ходаков Г. С. Условия реализации шламов угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий в виде суспензионного топлива // Химия твердого топлива. — 2007. — № 6. — С. 51–57.
24. Ходаков Г. С. Водоугольные суспензии в энергетике // Теплоэнергетика. — 2007. — № 1. — С. 35–45.
25. Vostrikov A. A., Fedyaeva O. N., Dubov D. Y., Psarov S. A., Sokol M. Y. Conversion of brown coal in supercritical water without and with addition of oxygen at continuous supply of coal-water slurry // Energy. — 2011. — Vol. 36, No. 4. — P. 1948–1955. DOI: 10.1016/j.energy.2010.05.004.
26. Осинцев К. В. Исследование факельного сжигания водоугольных суспензий в топках энергетических котлов // Теплоэнергетика. — 2012. — № 6. — С. 21–27.
27. Хилько С. Л., Титов Е. В. Способ получения и реологические характеристики суспензионного топлива на основе бурого угля // Химия твердого топлива. — 2001. — № 1. — С. 78–87.
28. Кузнецов Г. В., Мухаммадеев К. М. Численная оценка погрешности измерений температур в условиях локального неидеального контакта спая термопары и материала // Известия Томского политехнического университета. — 2009. — Т. 314, № 4. — С. 12–16.
29. Галанов Е. К., Филатов М. К. Метрологические вопросы измерения температуры поверхностей бесконтактным методом ИК-пирометрии // Оптический журнал. — 2009. — Т. 76, № 3. — С. 44–47.
30. Демидович В. Б., Растворова И. И. Оптимальное управление периодическим индукционным нагревателем немагнитных цилиндрических заготовок // Индукционный нагрев. — 2013. — № 4 (26). — С. 13–15.

31. Janiszewski J. Measurement procedure of ring motion with the use of high speed camera during electromagnetic expansion // *Metrology and Measurement Systems*. — 2012. — Vol. 19, No. 4. — P. 797–804. DOI: 10.2478/v10178-012-0071-2.
32. Volkov R. S., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Water droplet deformation in gas stream: Impact of temperature difference between liquid and gas // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. — 2015. — Vol. 85. — P. 1–11. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.01.078.

Материал поступил в редакцию 23 июля 2015 г.

Для цитирования: Вершинина К. Ю., Глушков Д. О., Стрижак П. А. Характеристики зажигания частиц угля и капель суспензионного топлива при кондуктивном нагреве // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2015. — Т. 24, № 10. — С. 21–29. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.21-29.

English

IGNITION CHARACTERISTICS OF COAL PARTICLES AND SLURRY FUEL DROPLETS UNDER CONDUCTIVE HEATING

VERSHININA K. Yu., Postgraduate Student, Department of Heat and Power Process Automation, Institute of Power Engineering, National Research Tomsk Polytechnic University (Lenina Avenue, 30, Tomsk, 634050, Russian Federation; e-mail address: vershininaks@gmail.com)

GLUSHKOV D. O., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Research Engineer, Department of Heat and Power Process Automation, Institute of Power Engineering, National Research Tomsk Polytechnic University (Lenina Avenue, 30, Tomsk, 634050, Russian Federation; e-mail address: dmitriyog@tpu.ru)

STRIZHAK P. A., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Department of Heat and Power Process Automation, Institute of Power Engineering, National Research Tomsk Polytechnic University (Lenina Avenue, 30, Tomsk, 634050, Russian Federation; e-mail address: pavelspa@tpu.ru)

ABSTRACT

This article presents the experimental investigation results of ignition of particles and dust of lignite coal (B2 rank, Krasnoyarsk region, Borodino deposit) as well as slurry fuel droplets (mixture of coal dust and water) based on this coal at interaction with heated surface. The studies are focused on determining the mechanisms and conditions of ignition of organic fuels (which are used in thermal power plants) at direct contact with heated surface. Conductive heat transfer is typical for actual conditions of technological processes at interaction of fuel particles or droplets with heated surfaces of power equipment at the stages of preparing components, their filtration, drying, transportation and supply to combustion chambers.

For several characteristic sizes (from 1 to 5 mm) of the coal particles we determined the duration of inert heating until the implementation moment of intense exothermic process in the range of heat source temperatures from 600 to 850 °C. Similar results were obtained for slurry fuel droplet with characteristic size of 5 mm. The significant influence of coal particle sizes on their ignition delay times was revealed. Analysis of experimental results showed, that the process duration of ignition initiating for slurry fuel droplet considerably exceeds (more than 20 %) the similar characteristic for coal particle under the identical research conditions.

Keywords: coal; slurry fuel; hot plate; ignition conditions; conductive heat transfer.

REFERENCES

1. Olimp'ev V. V. Saving energy and money when operating the main reservoirs of the fuel-oil facilities at thermal power stations and boiler houses. *Thermal Engineering*, 2003, vol. 50, no. 9, pp. 742–747.
2. Neuymin V. M. Rezultaty ekonomicheskogo i eksergeticheskogo analiza TES s energoblokami na prirodnom gaze [The results of economic and exergetic analysis of thermal power plants with natural gas power units]. *Energetik — Power & Electrical Engineering*, 2013, no. 7, pp. 2–5.

3. Belošević S., Tomanović I., Beljanski V., Tucaković D., Živanović T. Numerical prediction of processes for clean and efficient combustion of pulverized coal in power plants. *Applied Thermal Engineering*, 2015, vol. 74, pp. 102–110. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2013.11.019.
4. Alekhovich A. N., Bogomolov V. V., Artemyeva N. V. Kharakteristiki novykh energeticheskikh ugley, szhigayemykh na TES Rossii [Features of new energy coals burning at thermal power stations in Russia]. *Energetik — Power & Electrical Engineering*, 2013, no. 6, pp. 83–87.
5. Salamov A. A. O novom pokolenii pyleugolnykh TES v teploenergetike [On the new generation of coal-fired thermal power plants in the thermal energy]. *Energetik — Power & Electrical Engineering*, 2007, no. 9, pp. 25–27.
6. Salomatov V. V. The state and prospects of coal and nuclear power generation in Russia (review). *Thermophysics and Aeromechanics*, 2009, vol. 16, no. 4, pp. 501–513. DOI: 10.1134/s0869864309040015.
7. Sarkisyan V. A. Ugol i prirodnyy gaz v energetike Rossii [Coal and natural gas at energetic of Russia]. *Ugol — Coal*, 2003, no. 10 (930), pp. 17–19.
8. Snetkova I. M. Nekotoryye aspekty problemy sootnosheniy dobychi i ispolzovaniya mirovykh energeticheskikh resursov [Some aspects of a problem of parities of extraction and utilization of world power resources]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten — Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2010, no. 1, pp. 147–153.
9. *Prognoz razvitiya energetiki mira i Rossii do 2040 goda* [Outlook for energy industry: the world and Russia until 2040]. Moscow, INEI RAN Publ., 2013. 108 p.
10. Popov Yu. V., Makarov A. K., Pleshakova N. A., Zanozina I. I. Perevod ELOU AVT-6 na pererabotku vysokosernistykh neftey i uvelicheniye proizvoditelnosti ustanovki [Transfer of ELOU AVT-6 to processing high-sulfur oils and increase the productivity of the plant]. *Neftepererabotka i neftekhimiya. Nauchno-tehnicheskiye dostizheniya i peredovoy opyt — Refining and Petrochemicals. Scientific and Technical Achievements and Advanced Experience*, 2012, no. 7, pp. 21–23.
11. Ivanov S. I., Busygin I. G., Busygina N. V. Perspektivnyye tekhnologii glubokoy promyslovoy pererabotki prirodnogo gaza [Advanced technologies of deep field processing of natural gas]. *Gazovaya promyshlennost — Gas Industry of Russia*, 2005, no. 7, pp. 58–60.
12. Zakhmatov V. D. Ugroza gosudarstvennoy programme po energeticheskoy nezavisimosti Ukrainy — perevodu gazovykh elektrostantsiy na ugolnuyu pyl [Government program threat on power independence of Ukraine — transfer of gas power stations into coal]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 8, pp. 63–69.
13. Alekhovich A. N., Bogomolov V. V. Use of coal blends at thermal power plants. *Power Technology and Engineering*, 2010, vol. 44, no. 3, pp. 213–219. DOI: 10.1007/s10749-010-0167-3.
14. Gil A. V., Starchenko A. V., Zavorin A. S. *Primeneniye chislennogo modelirovaniya topochnykh protsessov dlya praktiki perevoda kotlov na neproektnoye toplivo: monografiya* [The use of numerical modeling of combustion processes for the practice of transferring boilers to non-project fuels: monograph]. Tomsk, STT Publ., 2011. 181 p.
15. Avila C., Wu T., Lester E. Estimating the spontaneous combustion potential of coals using thermogravimetric analysis. *Energy and Fuels*, 2014, vol. 28, no. 3, pp. 1765–1773. DOI: 10.1021/ef402119f.
16. Portola V. A., Torosyan E. S. Intensifikatsiya protsessa samovozgoraniya uglya pri perevozke avtomobilnym transportom [Intensification of coal spontaneous combustion process during transportation by motor transport]. *Bezopasnost truda v promyshlennosti — Occupational Safety in Industry*, 2015, no. 1, pp. 46–49.
17. Amelchugov S. P., Bykov V. I., Tsybenova S. B. Spontaneous combustion of brown-coal dust. Experiment, determination of kinetic parameters, and numerical modeling. *Combustion, Explosion and Shock Waves*, 2002, vol. 38, no. 3, pp. 295–300. DOI: 10.1023/A:1015649702447.
18. Portola V. A. Opasnost samovozgoraniya ugolnoy pyli [Danger of coal dust self-ignition]. *Bezopasnost truda v promyshlennosti — Occupational Safety in Industry*, 2015, no. 6, pp. 36–39.
19. Finker F. Z., Kubyshekin I. B., Mitryukhin A. G., Dulneva L. T., Katsman V. M. Ob organizatsii raboty kotlov P-67 na burykh uglyakh Kansk-Achinskogo basseyna v besshlakovochnom rezhime [On the operation organization of the boiler P-67 with the brown coal of the Kansk-Achinsk basin in nonslagging mode]. *Energetik — Power & Electrical Engineering*, 2010, no. 2, pp. 12–15.
20. Boyko E. A., Zhadovets E. M., Yanov S. R. Analiz teplovoy effektivnosti poluradiatsionnykh i konvektivnykh poverkhnostey nagreva pyleugolnykh parovykh kotlov [The analysis of thermal efficiency of semiradiating and convective surfaces of heating of the coal fired steam boilers]. *Elektricheskiye stantsii — Power Technology and Engineering*, 2010, no. 10, pp. 41–46.

21. Salamov A. A. Zoloshlakovyie otkhody yevropeyskikh TES [Ash wastes of European thermal power plants]. *Energetik — Power & Electrical Engineering*, 2014, no. 10, pp. 35–38.
22. Kulikov M. A., Gavrilov E. I., Demin V. F., Zakharchenko I. E. Risks relating to the effect of atmospheric emissions from thermal power stations on health of the population. *Thermal Engineering*, 2009, vol. 56, no. 1, pp. 78–85. DOI: 10.1134/s0040601509010133.
23. Gorlov E. G., Seregin A. I., Khodakov G. S. Conditions of utilization of coal mining and processing sludges as slurry fuel. *Solid Fuel Chemistry*, 2007, vol. 41, no. 6, pp. 364–369. DOI: 10.3103/s0361521907060080.
24. Khodakov G. S. Coal-water suspensions in power engineering. *Thermal Engineering*, 2007, vol. 54, no. 1, pp. 36–47. DOI: 10.1134/s0040601507010077.
25. Vostrikov A. A., Fedyaeva O. N., Dubov D. Y., Psarov S. A., Sokol M. Y. Conversion of brown coal in supercritical water without and with addition of oxygen at continuous supply of coal-water slurry. *Energy*, 2011, vol. 36, no. 4, pp. 1948–1955. DOI: 10.1016/j.energy.2010.05.004.
26. Osintsev K. V. Studying flame combustion of coal-water slurries in the furnaces of power-generating boilers. *Thermal Engineering*, 2012, vol. 59, no. 6, pp. 439–445. DOI: 10.1134/s0040601512060079.
27. Khilko S. L., Titov E. V. A suspension fuel based on brown coal. A method of production and rheological characteristics. *Solid Fuel Chemistry*, 2001, vol. 35, no. 1, pp. 71–79.
28. Kuznetsov G. V., Mukhammadeev K. M. Chislennaya otsenka pogreshnosti izmereniy temperatur v usloviyakh lokalnogo neidealnogo kontakta spaya termopary i materiala [Numerical estimate of temperature measurement error at local imperfect contact of thermocouple and material]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta — Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2009, vol. 314, no. 4, pp. 12–16.
29. Galanov E. K., Filatov M. K. Metrological questions of the measurement of surface temperature by a noncontact IR-pyrometry method. *Journal of Optical Technology*, 2009, vol. 76, no. 3, pp. 150–152. DOI: 10.1364/jot.76.000150.
30. Demidovich V. B., Rastvorova I. I. Optimalnoye upravleniye periodicheskim induktsionnym nagreva-
telem nemagnitnykh tsilindricheskikh zagotovok [Optimum control of the stage induction heater of non-
magnetic cylindrical ingots]. *Induktsionnyy nagrev — Induction Heating*, 2013, no. 4 (26), pp. 13–15.
31. Janiszewski J. Measurement procedure of ring motion with the use of high-speed camera during electro-
magnetic expansion. *Metrology and Measurement Systems*, 2012, vol. 19, no. 4, pp. 797–804. DOI:
10.2478/v10178-012-0071-2.
32. Volkov R. S., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Water droplet deformation in gas stream: Impact of tem-
perature difference between liquid and gas. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2015,
vol. 85, pp. 1–11. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.01.078.

For citation: Vershinina K. Yu., Glushkov D. O., Strizhak P. A. Kharakteristiki zazhiganiya chastits uglya i kapel suspenzionnogo topliva pri konduktivnom nagreve [Ignition characteristics of coal particles and slurry fuel droplets under conductive heating] *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 10, pp. 21–29. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.21-29.

Н. Ф. ЛЕВАШОВ, адъюнкт, Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33; e-mail: irisacareva@rambler.ru)

М. В. АКУЛОВА, д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой строительного материаловедения, специальных технологий и технологических комплексов, Ивановский государственный политехнический университет (Россия, 153037, г. Иваново, ул. 8 Марта, 20; e-mail: m_akulova@mail.ru)

О. В. ПОТЕМКИНА, канд. хим. наук, доцент, заместитель начальника по учебной работе, Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33; e-mail: molodkina@mail.ru)

УДК 624.01+614.8

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ОГНЕСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ СИЛИКАТНЫХ ДОБАВОК В РАСТВОРАХ НА СВОЙСТВА ЗАЩИТНОГО СЛОЯ АРМАТУРЫ

Предложена методика расчета огнестойкости строительных конструкций при введении силикатов в состав раствора защитного слоя арматуры. Проведен сравнительный анализ зависимости огнестойкости строительных конструкций от вида защитного слоя арматуры из разработанных составов термостойких растворов с различным содержанием силикатных добавок с помощью статического и теплотехнического расчетов. Проведены исследования и расчеты, которые показали, что метод определения предела огнестойкости железобетонных конструкций можно использовать для характеристики влияния различных компонентов сырьевой смеси цементного композита на теплозащитные свойства материала и огнестойкость строительных конструкций.

Ключевые слова: методика; растворы на жидкостекольных композитах; огнестойкость; силикатные добавки; теплотехнический расчет; статический расчет.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.30-36

В настоящее время в России интенсивно развивается строительство зданий и сооружений из бетонных и железобетонных конструкций. Различные цементные композиты, элементы конструкций и здания в целом по-разному ведут себя в условиях воздействия пожара и высоких температур [1–4]. Существует множество методов, определяющих подход к прогнозированию и оценке поведения строительных материалов в составе различного рода строительных конструкций в условиях пожара. Большое внимание уделяется изучению данного вопроса и за рубежом. Известны как расчетные, так и экспериментальные методики определения поведения строительных материалов в условиях повышенных температур. Один из подходов к оценке поведения строительных материалов в условиях воздействия высоких температур отражен в исследовательской работе О. И. Молчадского [5]. В частности, в ней описан подход к прогнозированию поведения таких строительных материалов, как вермикулитовая плита, а также проявления их пожароопасных свойств при воздей-

ствии повышенных температур в зависимости от их исходных термохимических характеристик.

В источнике [6] приводится описание расчетной методики по определению и прогнозированию влияния стандартного режима пожара на конструкции перекрытий. В исследовании основное внимание уделяется расчетному примеру, который представляет собой своего рода инструкцию. В ней автор проводит многократные расчеты перекрытий различного типа с целью создания готового образца по расчету огнестойкости перекрытий, а также прогнозирования их поведения при длительном воздействии повышенных температур в условиях стандартного пожара.

Авторы публикации [7] предлагают методологию оценки огнестойкости стальных несущих колонн определенного типа в зависимости от вида тепловых воздействий при различных сценариях развития пожара. Предложенная методология основана на сравнении временного показателя температурной кривой колонны в условиях стандартного пожара с

температурной кривой в режиме нестационарного прогрева представленной конструкции. Данный метод был проверен на результатах, полученных при экспериментальной проверке огнестойкости стальных несущих колонн с учетом влияния интенсивности теплообмена на снижение прочности с течением времени. Еще один взгляд на поведение бетона на цементном вяжущем в условиях воздействия высоких температур представлен в источнике [8]. Ее автор исследовал взрывообразное разрушение бетона при пожаре в зависимости от наличия в его порах влаги, внутреннего давления пара в порах, создаваемого в результате термического воздействия, а также в зависимости от температуры, воздействующей непосредственно на конструкции на его основе.

В то же время практически отсутствуют какие-либо методики для комплексного анализа поведения материалов при повышенных температурах в строительных конструкциях, а существующие носят зачастую односторонний характер, не давая полной оценки пожарной опасности строительных конструкций и строительных материалов, из которых они выполнены. Так, например, в пособии [9] детально показан теплотехнический расчет огнестойкости строительных конструкций на примере железобетонных конструкций (таких, как плита перекрытия, ригель, колонна, ферма, несущая стена), выполненных на основе обычного тяжелого бетона с силикатным и карбонатным заполнителем и арматуры классов А240–А1000. В пособии [10] даны указания по расчету предела огнестойкости на примере железобетонных конструкций (ригель, колонна, плита перекрытия), также выполненных из тяжелого бетона и арматуры различного класса. В пособии [11] представлены справочные данные по пределам огнестойкости различных групп строительных конструкций совместно с комплексом строительных элементов, включающих также отделочные материалы. Однако подобные расчеты можно использовать для оценки поведения при нагреве не только строительной конструкции в целом, но и термостойких материалов, используемых в качестве подстилающих слоев в железобетоне. Известно, что для многих материалов, хорошо показавших себя при испытании в стандартных условиях, дальнейшие испытания их совместно с арматурой и при различных видах нагружения не дали общего ожидаемого эффекта от их применения.

В настоящей работе для предварительной оценки поведения цементных композитов с различными добавками в строительных конструкциях при высокотемпературном воздействии предлагается комплексная методика, включающая определение основных свойств строительного материала и расчет ус-

ловного поведения строительной конструкции при пожаре. Методика основана на математическом моделировании конструкции, в которой обычный защитный бетонный слой арматуры заменен на новый материал. Такой метод позволяет провести предварительный анализ возможного применения материала в конструкциях без дорогостоящих натурных испытаний.

Рассмотрим применение данной методики на примере новых материалов, разработанных на кафедре пожарной профилактики Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России совместно с кафедрой строительного материаловедения, специальных технологий и технологических комплексов Ивановского государственного политехнического университета [12]. Это растворы на основе жидкостекольных композитов [13], а также с добавлением волокон минеральной ваты, которые относятся к группе негорючих материалов. Они имеют низкую теплопроводность и высокую термостойкость и могут применяться в качестве защитных слоев в строительных конструкциях для повышения их предела огнестойкости [14].

Известно, что огнестойкость является международной пожарно-технической характеристикой, регламентируемой строительными нормами и правилами, и характеризует способность конструкций и зданий сопротивляться воздействию пожара [1]. Для оценки огнестойкости строительных конструкций используют экспериментальные и расчетные методы.

Для решения задач по теплопроводности растворов с добавлением стекловолокна выбран расчет предела огнестойкости железобетонной конструкции по потере несущей способности, который состоит из двух частей — теплотехнической и статической [11].

Теплотехническим расчетом определяют время предела огнестойкости, по истечении которого арматура нагревается до критической температуры либо площадь сечения слоя бетона конструкции сокращается до предельной величины при воздействии на нее стандартного температурного режима. Теплотехнический расчет выполняют исходя из условия, что нагрев конструкции происходит по стандартному температурному режиму, принятому для испытаний на огнестойкость. Изменение температуры во времени в любой точке конструкции может быть выражено дифференциальным уравнением теплопроводности Фурье. Для одномерного потока тепла, вызывающего изменение температуры в одном направлении по сечению конструкции, уравнение Фурье имеет вид [10]:

$$\frac{dt}{d\tau} = a_{\text{пр}} \frac{d^2 t}{dy^2}, \quad (1)$$

где t — температура, °C;

τ — время, мин;

$a_{\text{пр}}$ — приведенный коэффициент температуропроводности, м²/с;

y — координата точки.

Чтобы решить уравнение (1), необходимо знать распределение температуры по сечению этой конструкции в начальный момент времени, а также геометрическую форму конструкции и закономерности теплообмена между окружающей средой и поверхностями конструкции (т. е. граничные условия).

Статическая модель задачи установления предела огнестойкости железобетонной конструкции сводится к вычислению несущей способности нагретой конструкции. Метод решения этой задачи зависит от вида конструкции и условий ее работы. Изгибаемые элементы (однопролетные свободно лежащие плиты, панели и настилы перекрытий, балки и ригели) теряют свою несущую способность в основном вследствие снижения прочности нагреваемой растянутой арматуры. Если в растянутой зоне установлена арматура из стали одного класса, то коэффициент $\gamma_{s,tem}$, учитывающий изменение сопротивления арматурной стали при повышении температуры, может быть определен из зависимости

$$\gamma_{s,tem} = \frac{M_n - A'_s R_{sc}^n (0,5x_{tem} - a')}{A_s R_{sc}^n (h_o - 0,5x_{tem})}; \quad (2)$$

$$x_{tem} = h_o - \sqrt{h_o^2 - \frac{2[M_n - A'_s R_{sc}^n (h_o - a')]}{b R_b^n}}, \quad (3)$$

где M_n — нормативный момент, кН·м;

A'_s — площадь сечения сжатой арматуры, м²;

R_{sc}^n — нормативное сопротивление рабочей арматуры, МПа;

x_{tem} — высота сжатой зоны, м;

a' — расстояние от сжатой грани до центра сжатой арматуры, м;

A_s — площадь сечения растянутой арматуры, м²;

h_o — толщина плиты, учитываемая при расчете по нагрузкам при изгибе, м;

b — ширина плиты, м;

R_b^n — нормативное сопротивление бетона сжатия, МПа.

По вычисленному значению $\gamma_{s,tem}$ определяют критическую температуру, а путем теплотехнического расчета находят время нагрева растянутой арматуры до критической температуры, которое и принимается за предел огнестойкости конструкции. Аналогичным путем определяют предел огнестойкости конструкции при других условиях опирания и нагрева. Такая методика хорошо подходит для опреде-

Таблица 1. Составы растворов, кг на 1 м³ смеси

Номер состава	Цемент	Песок	Вода	Щебень	Минеральная вата	Жидкое стекло
1	398	796	325	1000	—	—
2	650	1300	325	—	—	22,5
3	650	1300	325	—	11,4	25,5
4	650	1300	325	—	68,0	22,5

Таблица 2. Изменение средней плотности, коэффициентов теплопроводности и температуропроводности в зависимости от состава раствора

Номер состава	Раствор	Средняя плотность раствора, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ_{tem} , Вт/(м·°C)	Средний коэффициент температуропроводности, 10 ⁻⁷ м ² /с
1	Тяжелый бетон	2284	1,0425	3,8
2	Раствор без волокон	1944	1,1100	4,9
3	Раствор с 0,5 % волокон	1928	1,0580	4,6
4	Раствор с 3 % волокон	1896	0,7780	2,8

ления зависимости пределов огнестойкости конструкций от вида защитного слоя арматуры. В качестве примера для расчета использовалась пустотная плита перекрытия, в которой слой тяжелого бетона для защиты арматуры условно заменялся слоем штукатурного раствора с содержанием волокон минеральной ваты той же толщины.

В качестве модельных в расчетах использовались следующие составы растворов с силикатными добавками: цемент — песок — щебень — вода (1); цемент — песок — жидкое стекло — вода (2); цемент — песок — вода — жидкое стекло — минеральная вата (3); цемент — песок — вода — жидкое стекло — минеральная вата (4) (табл. 1).

Для проведения комплексного исследования и расчетов определялись физические и физико-химические свойства используемых растворов — средняя плотность, предел прочности при сжатии и изгибе, коэффициент теплопроводности (табл. 2).

Определение теплопроводности жаростойкого штукатурного раствора производили согласно ГОСТ 7076–99 на специальном приборе (рис. 1).

Для испытаний применялся измерительный комплекс (см. рис. 1), состоящий из первичного преобразователя, предназначенного для преобразования импульса электрической энергии в тепловую и формирования электрического сигнала, определяющего изменение температуры поверхности материала изделия под воздействием теплового импульса; вторичного измерительного прибора для регистрации

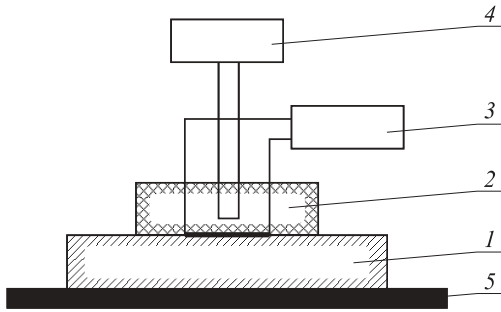


Рис. 1. Блок-схема измерительного комплекса для определения теплопроводности материалов изделий: 1 — исследуемое изделие; 2 — первичный преобразователь; 3 — вторичный измерительный прибор для регистрации электрического сигнала; 4 — импульсный источник тока с таймером теплового импульса; 5 — основание

электрического сигнала; импульсного источника тока с таймером теплового импульса, обеспечивающего нагрев пластины первичного преобразователя.

Для более полного анализа влияния состава раствора на огнестойкость строительных конструкций проводился расчет пределов огнестойкости на примере железобетонной многпустотной плиты перекрытия [11]. Для получения сравнительной оценки расчет выполнялся для плиты с защитным слоем из тяжелого бетона, а также со слоями из составов, приведенных в табл. 1.

Исходные данные принимали по параметрам для стандартной плиты перекрытия по ГОСТ 9561–91 “Плиты перекрытий железобетонные, многпустотные для зданий и сооружений”: расчетная длина плиты $l_0 = 6,3$ м; ширина плиты $b = 1190$ мм; толщина плиты $h = 220$ мм; максимальный изгибающий момент $M_n = 39,69$ кН·м; толщина защитного слоя бетона с учетом толщины стержня $a = 30$ мм; толщина плиты, учитываемая при расчете по нагрузкам при изгибе, $h_o = 190$ мм; приведенная толщина полки $b'_f = 40$ мм; класс арматуры — А-800; суммарная площадь сечения растянутой арматуры $A_s = 616$ мм²; расчетная ширина плиты $\Sigma_{bp} = 630$ мм; нормативная равномерно распределенная нагрузка на плиту $q_n = 8$ кН/м; класс бетона — В25; вид бетона — тяжелый; диаметр пустот плиты $d_{nl} = 140$ мм; количество пустот — 4; коэффициент надежности по бетону $\gamma_b = 0,83$; коэффициент надежности по арматуре $\gamma_s = 0,9$; диаметр арматурного стержня $d_{arm} = 14$ мм; коэффициент, учитывающий среднюю плотность бетона, $K = 37,2$ с^{1/2}; плотность бетона $\rho = 2330$ кг/м³; влажность бетона $w_b = 2$ %; расчетное сопротивление бетона сжатию $R_b = 18,5$ МПа; расчетное сопротивление арматуры $R_{su} = 875,5$ МПа.

В результате теплотехнического расчета предела огнестойкости плиты перекрытия с защитным слоем арматуры из тяжелого бетона определяли фактический предел огнестойкости.

Для этого сначала находили высоту сжатой зоны бетона x_{tem} (м) в предельном состоянии:

$$x_{tem} = h_o - \sqrt{h_o^2 - 2 \frac{M_n}{R_b b'_f}} = 10 \text{ мм} = 0,01 \text{ м.} \quad (4)$$

Определяли напряжение в растянутой зоне железобетонной плиты $\sigma_{s,tem}$:

$$\sigma_{s,tem} = \frac{b'_f x_{tem} R_b}{A_s} = 349,6 \text{ МПа.} \quad (5)$$

Находили коэффициент снижения надежности прочности по арматуре $\gamma_{s,tem}$ при прогреве:

$$\gamma_{s,tem} = \sigma_{s,tem} / R_{su} = 0,39. \quad (6)$$

По полученному значению $\gamma_{s,tem}$ находили методом линейной интерполяции критическую температуру нагрева арматурной стали $t_{scr} = 552$ °С [6] и средний коэффициент теплоемкости C_{tem} :

$$C_{tem} = 710 + 0,84 t_m = 1088 \text{ Дж/(кг·°С)}, \quad (7)$$

где t_m — расчетная температура, равная 450 °С.

Затем определяли приведенный коэффициент температуропроводности:

$$a_{пр} = \frac{\lambda_{tem}}{(C_{tem} + 50,4 w_b) \rho_{oc}} = 3,8 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}, \quad (8)$$

где λ_{tem} — средний коэффициент теплопроводности при расчетной температуре t_m ;

ρ_{oc} — средняя плотность бетона в сухом состоянии; $\rho_{oc} = 100\rho/(100 + w_b)$.

С помощью табличных данных определяли значение Гауссова интеграла ошибок X по прил. 1 [7] и находили фактический предел огнестойкости τ для плиты со сплошным сечением:

$$\tau = \left[\frac{K + (a + K_1 d_{arm}) / \sqrt{a_{пр}}}{2X} \right]^2 = 130 \text{ мин}, \quad (9)$$

где K_1 — коэффициент, учитывающий влияние массы металла стержня на его прогрев при различной плотности сухого бетона;

d_{arm} — диаметр арматурного стержня, м.

С учетом коэффициента более быстрого прогрева арматуры в многпустотных панелях настила, равного 0,9, фактический предел огнестойкости составил 126 мин.

С помощью экспериментально полученных данных, коэффициента теплопроводности, плотности и вычисленного на их основе приведенного коэффициента температуропроводности аналогично проводился расчет предела огнестойкости плиты. Для плиты с защитным слоем для арматуры из штукатурного раствора без волокон он составил 97 мин, с содержанием волокон 0,5 % — 101 мин и 3 % — 136 мин. Данные расчета огнестойкости с защитными слоями

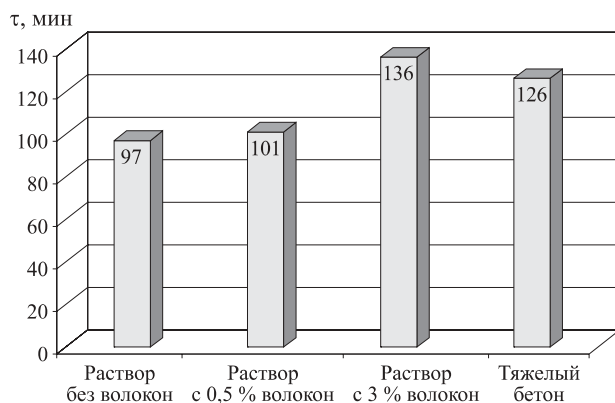


Рис. 2. Диаграмма фактического предела огнестойкости плиты перекрытия с защитным слоем из тяжелого бетона и различными слоями из штукатурного раствора

для арматуры из тяжелого бетона и штукатурных растворов представлены на рис. 2.

Как видно из диаграммы, тяжелый бетон обладает более высокой огнестойкостью, чем слой обычного раствора с добавкой жидкого стекла той же толщины. Добавление жидкого стекла совместно с минеральным волокном повышает огнезащитные свойства раствора. Например, при добавлении 3 % волокон от массы сухого вещества огнезащитные свойства повышаются в 1,4 раза. Причем предел огнестойкости конструкции со слоем раствора, содержащего 3 % волокон, по сравнению с конструкцией со слоем из тяжелого бетона увеличивается на 8 %.

Таким образом, исследования и расчеты показали, что методику расчета предела огнестойкости железобетонных конструкций можно использовать для оценки влияния различных компонентов сырьевой смеси цементного композита на теплозащитные свойства материала и огнестойкость строительных конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008; одобрен Сов. Федерации 11.07.2008 // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.
2. Гельмиза В. И. Оценка взрывоопасного разрушения бетона // Огнестойкость строительных конструкций. — М. : ВНИИПО МВД СССР, 1980. — Вып. № 8. — С. 85–89.
3. Руссо В. А., Морозов В. Н., Павлова Л. В. Взрывообразное разрушение мелкозернистого силикатобетона при нагреве // Огнестойкость строительных конструкций. — М. : ВНИИПО МВД СССР, 1978. — Вып. № 6. — С. 75–83.
4. Жуков В. В., Гуляева В. Ф., Сорокин А. Н. Взрывообразное разрушение бетона // Огнестойкость строительных конструкций. — М. : ВНИИПО МВД СССР, 1976. — Вып. № 4. — С. 42–57.
5. Молчадский О. И. Прогноз пожарной опасности строительных материалов при использовании методов термического анализа : дис. ... канд. техн. наук. — М. : ВНИИПО МВД РФ, 2001. — 209 с.
6. Król Paweł A. Evaluation of the fire resistance of steel-beam floors // Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza. — 2014. — Vol. 35, Issue 3. — P. 73–96. DOI: 10.12845/bitp.35.3.2014.7.
7. Fike R. S., Kodur V. K. R. An approach for evaluating the fire resistance of CFHSS columns under design fire scenarios // Journal of Fire Protection Engineering. — 2009. — Vol. 19, Issue 4. — P. 229–259. DOI: 10.1177/1042391509105597.
8. Peng G. Evaluation of fire damage to high-performance concrete : Ph. D. Diss. — Hong Kong : Hong Kong Polytechnic Institute, 2000.
9. Пособие по расчету огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций из тяжелого бетона (к СТО 36554501-006–2006) / Под ред. А. Ф. Милованова. — М. : Стройиздат, 2008. — 131 с.
10. Акулова М. В., Щепочкина Ю. А., Емелин В. Ю., Павлов Е. А. Расчет огнестойкости железобетонных строительных конструкций : учебно-методическое пособие. — Иваново : ООНИ ИВИ ГПС МЧС России, 2011. — 103 с.
11. Пособие по определению огнестойкости конструкций, пределов распространения огня по конструкциям и групп возгораемости материалов (к СНиП II-2–80) / ЦНИИСК им. Кучеренко. — М. : Стройиздат, 1985. — 56 с.
12. Патент 2471753 Российская Федерация. МПК C04B 38/10 (2006.01). Сырьевая смесь для получения пенобетона / Федосов С. В., Малый И. А., Ветошкин А. А., Акулова М. В., Потемкина О. В., Щепочкина Ю. А., Емелин В. Ю. — № 2011131595/03; заявл. 27.07.2011; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1.
13. Федосов С. В., Акулова М. В., Потемкина О. В., Емелин В. Ю., Петрова О. С. Влияние силикатных добавок в пенобетонах на огнестойкость конструкций // Научное обозрение. — 2013. — Вып. 11. — С. 36–41.
14. Акулова М. В., Белякова Н. А., Коллеров А. Н., Потемкина О. В. Исследование физико-химических процессов формирования фазового состава жаростойкого штукатурного раствора с различными наполнителями и добавлением жидкого стекла // Пожарная безопасность. — 2013. — № 4. — С. 42–46.

Материал поступил в редакцию 26 мая 2015 г.

Для цитирования: Левашов Н. Ф., Акулова М. В., Потемкина О. В. Применение методики расчета огнестойкости строительных конструкций для анализа влияния силикатных добавок в растворах на свойства защитного слоя арматуры // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 10. — С. 30–36. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.30-36.

English

USING METHODOLOGY OF CALCULATION OF FIRE RESISTANCE OF STRUCTURES FOR ANALYSIS OF INFLUENCE SILICATE ADDITIVES IN SOLUTION AT PROTECTIVE LAYER REINFORCEMENT PROPERTIES

LEVASHOV N. F., Postgraduate Student, Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation; e-mail address: irisacareva@rambler.ru)

AKULOVA M. V., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Building Materials Production Department, Ivanovo State Polytechnic University (8 Marta St., 20, Ivanovo, 153037, Russian Federation; e-mail address: m_akulova@mail.ru)

POTEMKINA O. V., Candidate of Chemical Sciences, Docent, Deputy Chief on Academic Work, Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation; e-mail address: molodkina@mail.ru)

ABSTRACT

At the present time in Russia the construction of buildings and structures of concrete and reinforced concrete structures is developed. Different cement composites, structural elements, the building are shown the behavior differently in terms of exposure of fire and high temperatures. However, there is hardly any method of complex analysis of the behavior of materials at elevated temperatures in building structures, and the existing methodologies to determine the fire resistance do not provide a full assessment of fire hazard of building structures and construction materials from which they are made.

Along side with this process new types of materials that can effectively protect the building structure from thermal effects are developed. So the Department of Fire Prevention of Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of Emercom of Russia together with the Department of Building Materials, Special Technology and Technological Complexes of Ivanovo State Polytechnic University developed mortar compositions with increased thermal stability, which contain a supplement of liquid glass and fiberglass. Research and calculations performed with the participation of these compositions showed that the method for determining the fire resistance of concrete structures can be used to characterize the impact of different components of the raw mix cement composite thermal insulation properties of the protective solution and fire resistance of reinforced concrete hollow core slabs.

The research was conducted on the compositions of heat-resistant plaster. Their average density, thermal conductivity was determined. To determine the fire resistance of building structures with using the developed mortars such a thermal characteristic as thermal conductivity was determined. The data shows that heavy concrete has a higher fire resistance than conventional mixes the solution at the same thickness. The addition of mineral fibers increases the fire retardant properties of the solution. For example, adding 3 % fibers by weight of the solids increases its fire-resistance properties 1.4 times. For example, the fire resistance of the construction in comparison with a layer of heavy concrete in the application layer of a solution containing 3 % of fibers increases by 8 %.

Thus, researches and calculations have shown that the method for determining the fire resistance of concrete structures can be used to characterize the impact of different components of the raw mix cement on the thermal insulation of the composite material properties and fire resistance of building structures.

Keywords: methodology; solutions on liquid composites; fire resistance; silicate additives; thermal calculation; static calculation.

REFERENCES

1. Technical regulations for fire safety requirements. Federal Law on 22.07.2008 No. 123. *Sobraniye zakonodatelstva — Collection of Laws of the Russian Federation*, 2008, no. 30 (part I), art. 3579 (in Russian).
2. Gelmiza V. I. Otsenka vzryvoopasnogo razrusheniya betona [The evaluation of the explosive destruction of concrete]. *Ognestoykost stroitelnykh konstruksiy* [Fire Resistance of Building Structures]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of the Interior of USSR Publ., 1980, issue 8, pp. 85–89.
3. Russo V. A., Morozov V. N., Pavlova L. V. Vzryvoobraznoye razrusheniye melkozernistogo silikato-betona pri nagreve [The explosive destruction of the small grained silicate concrete by heating]. *Ognestoykost stroitelnykh konstruksiy* [Fire Resistance of Building Structures]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of the Interior of USSR Publ., 1978, issue 6, pp. 75–83.
4. Zhukov V. V., Gulyaeva V. F., Sorokin A. N. Vzryvoobraznoye razrusheniye betona [The explosive destruction of concrete]. *Ognestoykost stroitelnykh konstruksiy* [Fire Resistance of Building Structures]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of the Interior of USSR Publ., 1976, issue 4, pp. 42–57.
5. Molchadskiy O. I. *Prognoz pozharney opasnosti stroitelnykh materialov pri ispolzovanii metodov termicheskogo analiza. Dis. kand. tekhn. nauk* [Forecast fire danger of building materials by using thermal analysis methods. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of the Interior of Russia Publ., 2001. 209 p.
6. Król Paweł A. Evaluation of the fire resistance of steel-beam floors. *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*, 2014, vol. 35, issue 3, pp. 73–96. DOI: 10.12845/bitp.35.3.2014.7.
7. Fike R. S., Kodur V. K. R. An approach for evaluating the fire resistance of CFHSS columns under design fire scenarios. *Journal of Fire Protection Engineering*, 2009, vol. 19, issue 4, pp. 229–259. DOI: 10.1177/1042391509105597.
8. Peng G. *Evaluation of fire damage to high-performance concrete. Ph. D. Diss.* Hong Kong, Hong Kong Polytechnic Institute, 2000.
9. Milovanov A. F. (ed.). *Handbook for the calculation of the fire resistance of reinforced concrete structures and exposure to unexposed of heavy concrete*. Moscow, Stroyizdat, 2008. 131 p. (in Russian).
10. Akulova M. V., Shchepochkina Yu. A., Emelin V. Yu., Pavlov E. A. *Raschet ognestoykosti zhelezobetonnykh stroitelnykh konstruksiy: uchebno-metodicheskoye posobiye* [Calculation of fire resistance of reinforced concrete building structures. Handbook]. Ivanovo, Ivanovo Institute of State Fire Service of Emercom of Russia Publ., 2011. 103 p.
11. *Handbook for determining the fire resistance of structures, limit the spread of fire in design and flammability of materials groups*. Moscow, Stroyizdat, 1985. 56 p. (in Russian).
12. Fedosov S. V., Malyi I. A., Vetoshkin A. A., Akulova M. V., Potemkina O. V., Shchepochkina Yu. A., Emelin V. Yu. *Crude mixture for making foamed concrete*. Patent RF, no. 2471753, 10.01.2013.
13. Fedosov S. V., Akulova M. V., Potemkina O. V., Emelin V. Yu., Petrova O. S. Vliyaniye silikatnykh dobavok v penobetonakh na ognestoykost konstruksiy [Influence of silicate additives in foam concretes on the fire resistance of constructions]. *Nauchnoye obozreniye — Science Review*, 2013, issue 11, pp. 36–41.
14. Akulova M. V., Belyakova N. A., Kollerov A. N., Potemkina O. V. Issledovaniye fiziko-khimicheskikh protsessov formirovaniya fazovogo sostava zharostoykogo shtukaturnogo rastvora s razlichnymi napolnitelyami i dobavleniyem zhidkogo stekla [Research in physical- and chemical processes of forming of the phase composition of heat-resistant plaster with various fillers and addition of liquid glass]. *Pozharnaya bezopasnost — Fire Safety*, 2013, no. 4, pp. 42–46.

For citation: Levashov N. F., Akulova M. V., Potemkina O. V. Primeneniye metodiki rascheta ognestoykosti stroitelnykh konstruksiy dlya analiza vliyaniya silikatnykh dobavok v rastvorakh na svoystva zashchitnogo sloya armatury [Using methodology of calculation of fire resistance of structures for analysis of influence silicate additives in solution at protective layer reinforcement properties]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 10, pp. 30–36. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.30-36.

В. М. РОЙТМАН, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры комплексной безопасности в строительстве, Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское ш., 26; e-mail: roytman-msuse@yandex.ru)

УДК 699.81

О МЕХАНИЗМЕ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ ВТЦ-7 ВО ВРЕМЯ СОБЫТИЙ 11 СЕНТЯБРЯ 2001 ГОДА В НЬЮ-ЙОРКЕ

Излагается версия механизма прогрессирующего обрушения здания ВТЦ-7 во время событий 11 сентября 2001 г. на основе теории огнестойкости объектов при комбинированных особых воздействиях с участием пожара (СНЕ), с учетом решающей роли деформаций ползучести стальных конструкций в рассматриваемых условиях. Отмечается, что развитие деформаций ползучести этих конструкций в рассматриваемых условиях было столь значительным, что могло вызвать частичное повреждение их огнезащиты и, в конце концов, привести к исчерпанию огнестойкости и потере устойчивости стальных колонн в восточной части ядра здания во время пожара 11 сентября. В результате потери несущей способности колонн ядра здания за счет перераспределения нагрузки на наружную оболочку последнего снизилась критическая температура прогрева колонн оболочки в зоне развития пожара до уровня температур их прогрева при пожаре. Это привело к потере несущей способности колонн наружной оболочки ВТЦ-7 в зоне пожара и полному разрушению всего здания.

Ключевые слова: террористическая угроза; пожар; конструкция; здание; потеря несущей способности; обрушение; огнестойкость.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.37-44

Введение

11 сентября 2001 г. террористической атаке подверглись две 110-этажные башни Всемирного торгового центра (ВТЦ) в Нью-Йорке — Северная (ВТЦ-1) и Южная (ВТЦ-2). Через 56 мин после столкновения самолета с Южной башней и через 102 мин после аналогичной атаки на Северную башню произошли прогрессирующие обрушения этих зданий [1–8].

Однако главной загадкой событий 11 сентября стало обрушение 47-этажного здания ВТЦ-7, которое произошло спустя 7 ч после атаки террористов [1, 2]. Здание ВТЦ-7 не было прямым объектом террористической атаки, поэтому обстоятельства его прогрессирующего обрушения послужили толчком не только к проведению серьезных исследований, обобщенных в [1, 2], но и к появлению многочисленных мифов и фальсификаций происшедших событий [9, 10].

Цель настоящей работы состояла в том, чтобы изложить версию механизма прогрессирующего обрушения здания ВТЦ-7 во время событий 11 сентября 2001 г., опираясь на теорию огнестойкости объектов при комбинированных особых воздействиях с участием пожара (СНЕ) [8].

1. Функциональные и конструктивные особенности здания ВТЦ-7

Здание ВТЦ-7 находилось непосредственно к северу от главного комплекса ВТЦ, примерно в 110 м от Северной башни (ВТЦ-1) (рис. 1).

Часть 1-го и 2-го этажей северной части здания ВТЦ-7 занимала объединенная электроподстанция “Эдисон”. Кроме того, в здании было предусмотрено аварийное электроснабжение, для чего в ряде помещений офисов с 1-го по 9-й этажи были расположены генераторы с аварийным запасом топлива [1, 2].

Каркас здания ВТЦ-7 состоял из колонн, перекрытий, ригелей, балок, ферм и элементов, распределяющих нагрузку. С 7-го по 47-й этажи нагрузку воспринимали 24 стальные колонны внутреннего ядра здания и 58 колонн внешней оболочки (№ 1–57) (рис. 2), а также колонна 14А, расположенная около южного края западного фасада [1, 2].

Внутренние колонны № 58–78 (см. рис. 2) формировали прямоугольное ядро жесткости, смещенное к западной части здания. Оставшиеся три внутренние колонны (№ 79, 80 и 81) имели большее сечение, так как в восточной части здания был увеличен внутренний пролет.

Плиты перекрытий представляли собой слой бетона, уложенный по металлическому профилиро-



Рис. 1. Здание ВТЦ-7 на плане Всемирного торгового центра в Нью-Йорке [1]

ванному настилу (рис. 3) [1, 2]. Балки перекрытий соединялись с ригелями различными элементами, которые передавали нагрузку от веса конструкций, действующую на балки, к ригелям. Через соединения, работающие на срез, нагрузка от ригелей передавалась на колонны. Внутренние колонны имели соединение сварное, или болтовое, или посредством накладных деталей.

2. Обеспечение огнестойкости стальных конструкций здания

В здании ВТЦ-7 требуемые пределы огнестойкости конструкций составляли 3 ч для колонн и 2 ч для балок и перекрытий (нормы ASTM E 119 [11]).

Такие значения пределов огнестойкости стальных конструкций здания ВТЦ-7 были достигнуты

за счет применения огнезащиты стальных конструкций в виде слоя материала на гипсовой основе с вермикулитовым заполнителем (“Monokote” МК-5, SFRM) (см. рис. 3).

Согласно сертификационным требованиям компании “Underwriters Laboratories” (UL) для обеспечения таких пределов огнестойкости толщина слоя огнезащитного материала “Monokote” МК-5 должна составлять 7/8 дюйма (2,22 см) для колонн с мощным сечением, 1/2 дюйма (1,27 см) для балок и 3/8 дюйма (0,95 см) для профнастила перекрытия [1, 2].

3. Особенности развития пожара внутри здания ВТЦ-7

После теракта на Всемирный торговый центр в 10:28 произошло прогрессирующее обрушение Северной башни (ВТЦ-1), падающими обломками которой было повреждено здание ВТЦ-7 (рис. 4), что привело к возникновению и развитию пожаров внутри последнего.

Кроме того, в результате обрушения башни ВТЦ-1 была повреждена система наружного водопровода. Это нарушило работоспособность внутренней системы пожаротушения ВТЦ-7 с 1-го по 20-й этажи, что затруднило борьбу пожарных с огнем. После 10:29 несколько пожарных команд вошли в здание ВТЦ-7, чтобы обследовать его на наличие людей внутри, оценить ущерб, а также локализовать и по возможности потушить пожар. Около 11:30 пожарная служба обнаружила, что из гидрантов не поступает вода, а значит, нет возможности бороться с огнем. Около 14:30 был отдан приказ покинуть ВТЦ-7 [1, 2].

Развитие пожара внутри здания ВТЦ-7 и привело, в конце концов, к прогрессирующему обрушению его через 7 ч после падения Северной башни ВТЦ.

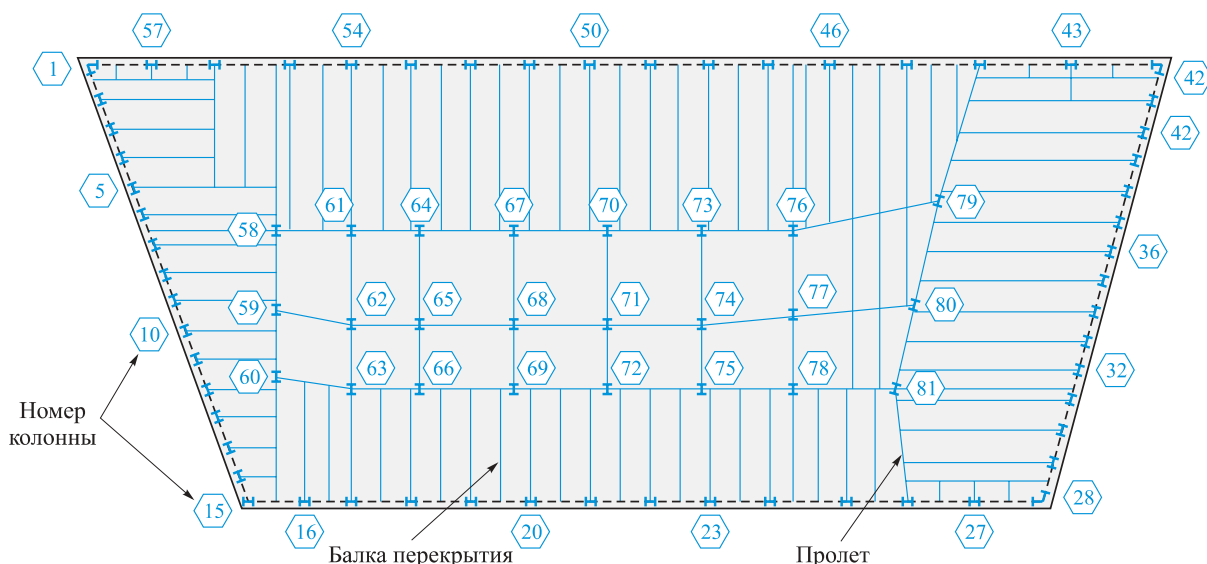


Рис. 2. Схема расположения несущих стальных колонн здания ВТЦ-7

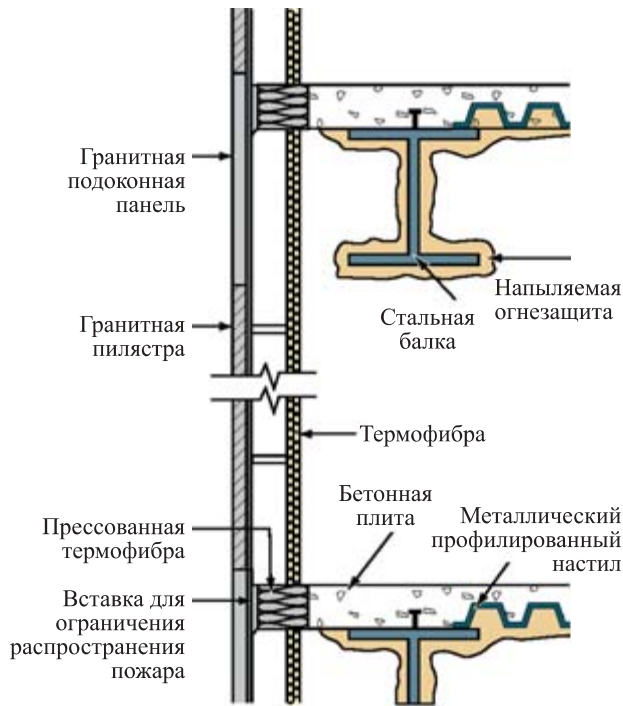


Рис. 3. Конструкция междуэтажного перекрытия и ограждающих конструкций с элементами огнезащиты стальных конструкций здания ВТЦ-7

Хотя фотографий горящего ВТЦ-7 недостаточно для подробного описания пожаров внутри здания, они позволили составить представление о возник-



Рис. 4. Здание ВТЦ-7 в зоне прогрессирующего обрушения Северной башни

новения и распространении огня на некоторых этажах [1, 2].

Наиболее вероятно [1, 2], что из-за повреждения здания ВТЦ-7 обломками Северной башни пожары в здании ВТЦ-7 начались около 10:29. Очаги пожара возникли в западной части южного фасада, и огонь быстро распространился как минимум на 10 этажей в поврежденной юго-западной части здания [1, 2].

В интервале между 14:00 и обрушением ВТЦ-7 в 17:20 произошло распространение пожара с 7-го по 13-й этажи, что стало возможно из-за повреждения водопровода.

На 11-м и 12-м этажах находились помещения, арендованные Комиссией по ценным бумагам и валютному обмену. Здесь были зафиксированы наи-

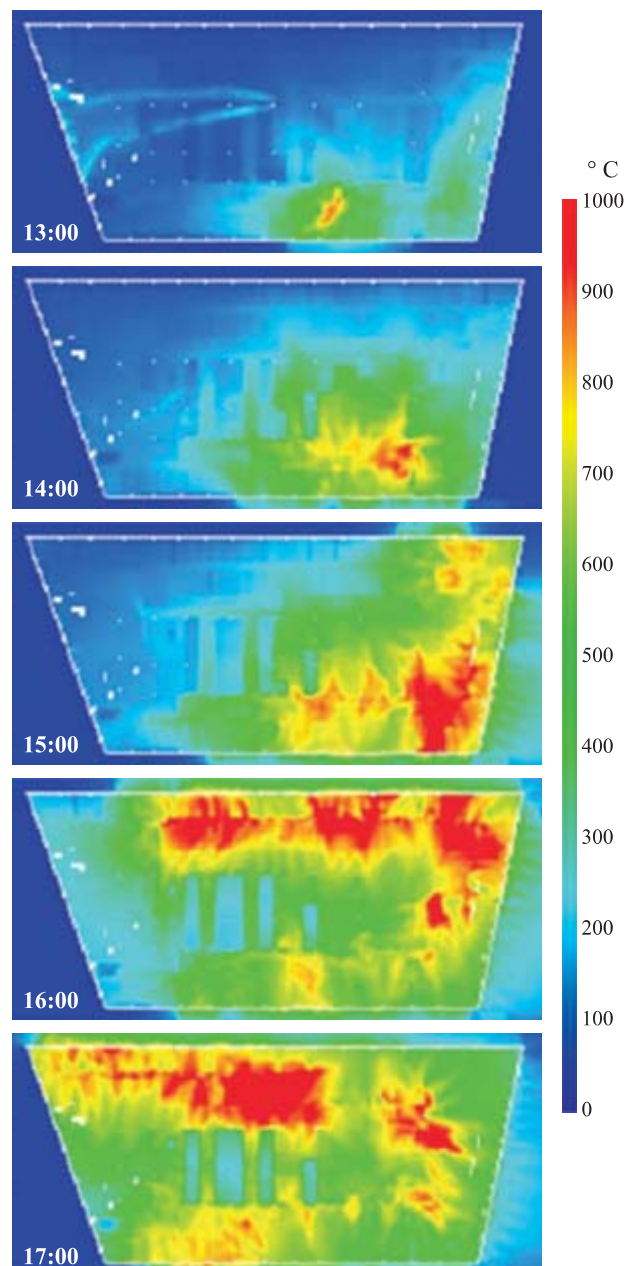


Рис. 5. Развитие пожара на 12-м этаже ВТЦ-7

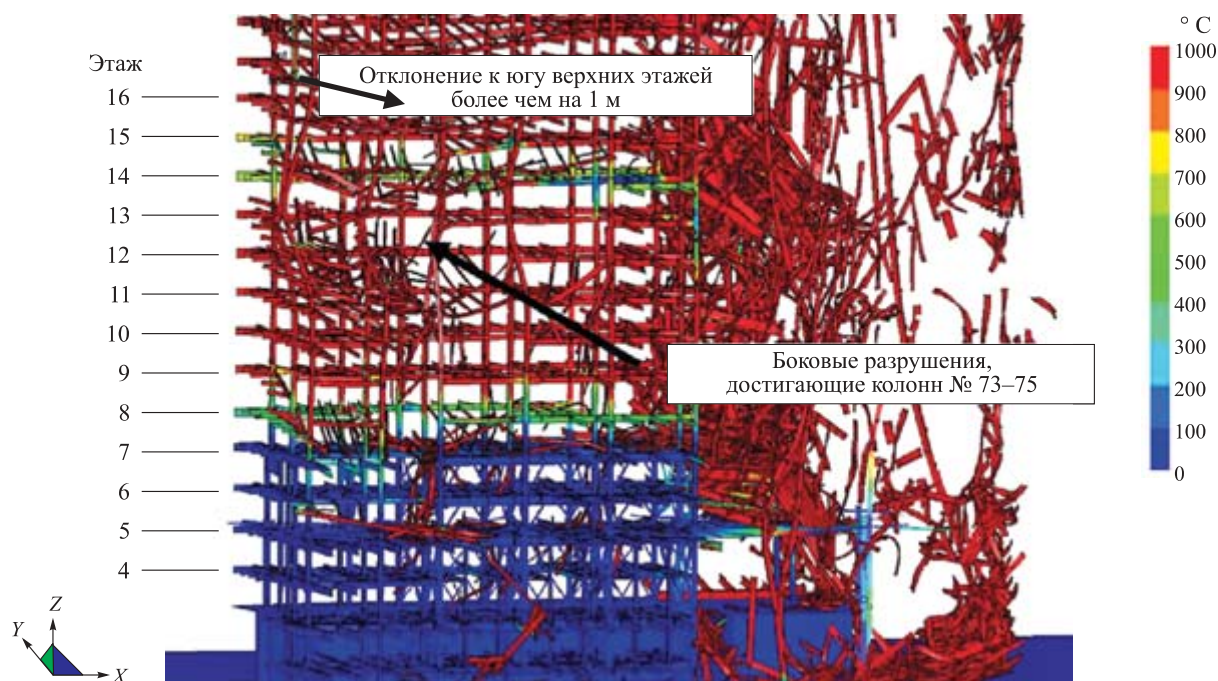


Рис. 6. Схема начала прогрессирующего обрушения здания ВТЦ-7 по версии NIST [2]

более интенсивные и продолжительные пожары из-за наличия повышенной пожарной нагрузки (бумажный архив) — примерно 32 кг/м^2 в эквиваленте древесины по оценкам [1, 2]. На этих этажах огонь распространился против часовой стрелки.

Впервые пламя на уровне этих этажей было замечено около 14:08 на южном конце восточного фасада, и чуть больше чем через 20 мин огонь медленно начал распространяться к середине восточного фасада [1, 2].

На 13-м этаже, так же как и на 11-м и 12-м, огонь двигался против часовой стрелки. Впервые его заметили на восточном фасаде около 14:30. Некоторое время спустя дым и пламя можно было наблюдать уже почти на всем восточном фасаде здания. За несколько минут до обрушения наблюдали сильное пламя, выбивавшееся из окон здания [1, 2].

Наблюдения за развитием пожара в здании ВТЦ-7 в дальнейшем были дополнены результатами компьютерного моделирования [1, 2] (рис. 5).

Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что воздействие пожара на ключевые стальные колонны № 79–81 ядра здания ВТЦ-7 (см. рис. 2), с которых началось обрушение ядра здания, составило около 3 ч.

4. Обстоятельства обрушения здания ВТЦ-7

Прогрессирующее обрушение здания ВТЦ-7 началось с утраты несущей способности и проседания вниз ядра здания в его восточной части. Затем, приблизительно через 5 с, произошло “оседание” западного пентхауса ВТЦ-7.

Приблизительно через 1 или 2 с после того, как западный пентхаус начал оседать внутрь ВТЦ-7, возникла линия разлома с севера на юг в восточной части наружной оболочки здания. Это привело к началу обрушения наружной оболочки здания и его общему разрушению.

5. Версии NIST о механизме обрушения ВТЦ-7

В отчетах NIST [1, 2] в качестве основной причины прогрессирующего обрушения здания ВТЦ-7 во время событий 11 сентября 2001 г. совершенно правомерно рассматривается развитие пожаров в здании ВТЦ-7.

Из-за нехватки воды в зоне с 1-го по 20-й этаж, необходимой для работы автоматических спринклеров и команд пожарной службы, огонь быстро распространился по зданию.

Одной из возможных основных причин обрушения здания ВТЦ-7, по версии NIST [1, 2], стала локальная потеря устойчивости колонны № 79 (см. рис. 2 и 6) вследствие термического расширения прилегающих стальных конструкций.

Возникшее из-за пожара расширение элементов конструкции перекрытия вокруг колонны № 79 привело к обрушению перекрытия 13-го этажа, что “запустило” волну обрушений перекрытий вплоть до 5-го этажа (см. рис. 6). В результате колонна потеряла устойчивость и изогнулась в восточном направлении, что и стало отправной точкой обрушения всего здания [1, 2].

Таким образом, по версии NIST [1, 2] утрата огнестойкости несущих стальных конструкций не яв-

лялась причиной обрушения ВТЦ-7, так как благодаря огнезащите SFRM нагрев колонн восточной части ядра здания происходил до температур 400 °С и даже ниже. А это намного меньше общепринятых значений температур при испытаниях на огнестойкость, при которых колонна теряет устойчивость [1, 2].

К недостаткам модели прогрессирующего обрушения ВТЦ-7 по версии NIST можно отнести то, что в ней не учитывается:

а) весьма существенная и решающая роль в поведении стальных конструкций при пожаре развития деформаций ползучести стали в результате ее нагрева до температур 250 °С и более;

б) возможность релаксации напряжений от температурного расширения конструкций при развитии деформаций ползучести. Это приводит к тому, что характер потери несущей способности стальных конструкций при пожаре происходит не за счет их обрушения, а вследствие недопустимых деформаций (рис. 7);

в) возможность развития таких больших деформаций ползучести стальных конструкций в условиях пожара, что это может привести к повреждению, отслаиванию и частичной утрате огнезащиты этих конструкций (см. рис. 7) и, как следствие, к резкому ускорению прогрева конструкций, ускорению развития деформаций ползучести и резкому снижению огнестойкости конструкций;

г) возможность снижения критической температуры нагрева стальных конструкций при увеличении нагрузки на них, перераспределяемой за счет конструкций, ранее утративших несущую способность.

6. Предлагаемая версия механизма обрушения ВТЦ-7

Предлагаемая версия механизма обрушения ВТЦ-7 основана на теории огнестойкости объектов при комбинированных особых воздействиях (СНЕ) с участием пожара, с учетом решающей роли деформаций ползучести стальных конструкций в рассматриваемых условиях.

Особенности СНЕ с участием пожара:

а) наличие нескольких характерных групп строительных конструкций, имеющих различную степень повреждений;

б) утрата этими конструкциями несущей способности в различные моменты времени (стадии) развития ЧС с участием пожара;

в) увеличение нагрузки на строительные конструкции по мере выхода из строя более поврежденных конструкций на различных стадиях СНЕ;

г) повышение нагрузки на уцелевшие конструкции, что приведет к соответствующему уменьшению их критической температуры нагрева при пожаре и резкому снижению их огнестойкости.



Рис. 7. Характерная картина особенностей деформации стальных балок и колонн и повреждения огнезащиты этих конструкций в результате воздействия пожара в здании ВТЦ-5 во время событий 11 сентября 2001 г. [1]

Сопоставление длительности воздействия пожара (3 ч) в зоне 7–13-го этажей здания ВТЦ-7 и огнестойкости колонн ядра здания ВТЦ-7 (3 ч) свидетельствует о возможности исчерпания огнестойкости последних при наблюдаемой длительности пожара.

Исчерпание огнестойкости колонн № 79–81 в зоне 5–13-го этажей в восточной части внутреннего ядра здания ВТЦ-7 по признаку утраты несущей способности произошло за счет развития деформаций ползучести стальных конструкций ядра здания в зоне интенсивного развития пожара (этажи 5–13) аналогично картине, представленной на рис. 7.

Кроме того, деформации ползучести стальных конструкций были столь значительными (см. рис. 7), что это могло привести к частичному повреждению огнезащиты конструкций, ускоренному прогреву их до критических температур и, как следствие, к резкому снижению их огнестойкости.

Деформации ползучести стальных колонн ядра здания № 79–81 (в зоне 5–13-го этажей) с учетом частичной утраты огнезащиты привели к исчерпанию их огнестойкости по признаку потери несущей способности, началу “проседания” ядра ВТЦ-7 в зоне расположения колонн № 79–81 и его прогрессирующего обрушения.

Вследствие потери несущей способности конструкций ядра ВТЦ-7 нагрузка, которую держали конструкции внутреннего ядра, через систему связей ядра с наружной оболочкой (балки, ригели, связи) передалась на наружную оболочку.

Известно [8], что повышение нагрузки на строительные конструкции приводит к соответствующему снижению критической температуры нагрева этих конструкций при пожаре и, соответственно, к снижению их огнестойкости (способности сопротивляться воздействию пожара).

В результате ослабленные пожаром колонны наружной оболочки на этажах 7–13, не выдержав дополнительной нагрузки, утратили свою несущую способность, что вызвало начало прогрессирующего обрушения и наружной оболочки и в конечном счете общее разрушение ВТЦ-7.

7. Анализ мифов об обрушении ВТЦ-7 во время событий 11 сентября

Достаточно часто, особенно в средствах массовой информации, встречается точка зрения, что симметричность обрушения здания ВТЦ-7 во время событий 11 сентября указывает на контролируемое разрушение здания, когда все колонны были умышленно одновременно разрушены взрывчатыми веществами (ВВ) [9, 10].

Прогрессирующее обрушение здания ВТЦ-7 в результате подрыва было бы возможно, если бы специальные заряды ВВ были заранее размещены по специальной схеме на несущих конструкциях в нижней части здания ВТЦ-7. Для решения этой задачи понадобилось бы несколько сотен килограммов взрывчатки. Взрыв такого количества ВВ должен был сопровождаться достаточно сильным сотрясением, которое должна была зафиксировать сейсмостанция Нью-Йорка, аналогично тому, как это про-

изошло во время столкновения самолетов с Северной и Южной башнями ВТЦ и при последующих взрывах топлива в зоне их удара.

Кроме того, взрыв такого количества взрывчатых веществ должен был сопровождаться акустическим ударом на уровне звукового болевого порога (130–140 дБ). В докладах очевидцев не упоминался такой акустический удар, и на аудио- и видеозаписях разрушения ВТЦ-7 он также не был зафиксирован [9, 10].

Таким образом, прогрессирующее обрушение здания ВТЦ-7 во время событий 11 сентября является следствием не мифического “подрыва”, а особенностей функционального назначения и конструктивной схемы этого здания, развития пожара, поведения и огнестойкости конструкций здания.

Заключение

Длительность воздействия пожара на несущие конструкции северо-восточного угла ядра ВТЦ-7 была сопоставима с огнестойкостью этих конструкций, тем более что развитие деформаций ползучести их в рассматриваемых условиях было столь значительным, что могло вызвать частичное повреждение их огнезащиты. Это и привело к исчерпанию огнестойкости стальных колонн в восточной части ядра здания во время событий 11 сентября 2001 г.

Через систему связей между ядром и наружной оболочкой здания ВТЦ-7 нагрузка на ядро здания при потере его несущей способности перераспределилась на наружную оболочку. В результате эта добавочная нагрузка на наружную оболочку понизила критическую температуру прогрева колонн оболочки на этажах развития пожара до температуры их прогрева при пожаре, что и привело к потере устойчивости наружной оболочки ВТЦ-7 и полному разрушению всего здания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ramon Gilsanz, Edward M. DePaola, Christopher Marrion, Harold “Bud” Nelson. WTC 7 (Chapter 5). World Trade Center Building Performance Study, FEMA, retrieved 2008-02-17.
2. NIST NCSTAR 1A. Federal Building and Fire Safety Investigation of the World Trade Center Disaster // Final Report on the Collapse of World Trade Center Building 7. — NIST, August 2008. — 116 p.
3. Dusenberry O. D. Review of existing guidelines and provisions related to progressive collapse workshop. — Arlington, 2004.
4. Razdolsky L. Explosion in a high-rise building // Proceedings of Structures Congress 2005. — N. Y. : American Society of Civil Engineers, 2005. — P. 1–12. DOI: 10.1061/40753(171)215.
5. Хасанов И. Р. Пожарная безопасность высотных зданий // Строительная инженерия. — 2005. — № 5. — С. 34–41.
6. Quintiere James G. Questions on the WTC investigation. Chapter: Resilience of Cities to Terrorist and other Threats. Learning from 9/11 and further Research Issues // Part of the NATO Science for Peace and Security Series. Series C: Environmental Security. — Springer, 2008. — P. 87–112. DOI: 10.1007/978-1-4020-8489-8_5.

7. *Млакэр Пол Ф., Дусенберри Дональд Д., Харрис Джеймс Р., Хейнс Геральд, Фан Лонг Т., Соэн Мете А.* The Pentagon building performance in the 9/11 crash. Chapter: Resilience of Cities to Terrorist and other Threats. Learning from 9/11 and further Research Issues // Part of the series NATO Science for Peace and Security Series. Series C: Environmental Security. — Springer, 2008. — P. 113–134. DOI: 10.1007/978-1-4020-8489-8 6.
8. *Ройтман В. М.* Особенности проектирования огнестойкости конструкций и зданий при комбинированных особых воздействиях с участием пожара // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 7. — С. 47–54.
9. *Dunbar David, Reagan Brad (eds.).* Debunking 9/11 Myths. Why conspiracy theories can't stand up to the facts. — N. Y. : Hearst Books, 2006. — 170 p.
10. *Ройтман В. М.* Инженерная оценка одного из “мифов” о событиях 11 сентября 2001 года // Инженерные системы (АВОК – Северо-Запад). — 2008. — № 4. — С. 26–29.
11. ASTM E 119. Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials. — West Conshohocken : American Society for Testing and Materials, 2000.

Материал поступил в редакцию 8 июля 2015 г.

Для цитирования: *Ройтман В. М.* О механизме прогрессирующего обрушения высотного здания ВТЦ-7 во время событий 11 сентября 2001 года в Нью-Йорке // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 10. — С. 37–44. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.37-44.

English

ON THE MECHANISM OF PROGRESSIVE COLLAPSE OF THE HIGH-RISE BUILDING WTC-7 DURING EVENTS OF 11 SEPTEMBER 2001 IN NEW YORK

ROYTMAN V. M., Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor of Department of Complex Safety in Construction,
Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoye Shosse, 26,
Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail address: roytman-msuse@yandex.ru)

ABSTRACT

The collapse of 47-storeyed WTC-7 skyscraper which occurred during 7 hours after terrorist attacks on the Twin Towers of the World Trade Center became the main riddle of the events of September 11, 2001.

The WTC-7 skyscraper wasn't a direct object of terrorist attack therefore circumstances of progressing collapse of this building caused fair amount of serious research, and also was followed by numerous myths and falsifications of events of September 11, 2001.

The version of the mechanism of WTC-7 progressing collapse, presented in this article, is based on the theory of fire resistance of objects in case of exposure to combined hazardous effects (CHE) taking into account the crucial role of creep strain of steel constructions under such conditions. It is noted that propagation of creep strain of the steel constructions under described conditions was so considerable that could cause partial damage of their fire protection and eventually lead to the fire resistance exhaustion and to buckling of the steel columns in east part of the stiffening core during a fire. As a result of loss of the bearing capacity of stiffening core columns, due to the redistribution of load on the external envelope of the building, the critical warm-up temperature of external envelope columns (in a fire development zone) decreased to the level of their warm-up temperatures during a fire. It led to loss of bearing capacity of the external envelope columns in a fire zone and to total destruction of WTC-7.

Keywords: terroristic threat; fire; construction; building; loss of bearing capacity; collapse; fire resistance.

REFERENCES

1. Ramon Gilsanz, Edward M. DePaola, Christopher Marrion, Harold “Bud” Nelson. WTC 7 (Chapter 5). World Trade Center Building Performance Study, FEMA, retrieved 2008-02-17.

2. NIST NCSTAR 1A. *Federal Building and Fire Safety Investigation of the World Trade Center Disaster*. Final Report on the Collapse of World Trade Center Building 7. NIST, August 2008. 116 p.
3. Dusenberry O. D. *Review of existing guidelines and provisions related to progressive collapse workshop*. Arlington, 2004.
4. Razdolsky L. Explosion in a high-rise building. *Proceedings of Structures Congress 2005*. N. Y., American Society of Civil Engineers, 2005, pp. 1–12. DOI: 10.1061/40753(171)215.
5. Khasanov I. R. Pozharnaya bezopasnost vysotnykh zdaniy [Fire safety of the high-rise building] *Stroitel'naya inzheneriya — Construction Engineering*, 2005, no. 5, pp. 34–41.
6. Quintiere James G. Questions on the WTC investigation. Chapter: Resilience of Cities to Terrorist and other Threats. Learning from 9/11 and further Research Issues. *Part of the NATO Science for Peace and Security Series. Series C: Environmental Security*. Springer, 2008, pp. 87–112. DOI: 10.1007/978-1-4020-8489-8_5.
7. Mlakar Paul F., Dusenberry Donald D., Harris James R., Haynes Gerald, Phan Long T., Sozen Mete A. The Pentagon building performance in the 9/11 crash. Chapter: Resilience of Cities to Terrorist and other Threats. Learning from 9/11 and further Research Issues. *Part of the series NATO Science for Peace and Security Series. Series C: Environmental Security*. Springer, 2008, pp. 113–134. DOI: 10.1007/978-1-4020-8489-8_6.
8. Roytman V. M. Osobennosti proyektirovaniya ognestoykosti konstruksiy i zdaniy pri kombinirovannykh osobykh vozdeystviyakh s uchastiyem pozhara [Features of designing of constructions and buildings fire resistance in conditions of combined hazardous effects accompanied by fire]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 7, pp. 47–54.
9. Dunbar David, Reagan Brad (eds.). *Debunking 9/11 Myths. Why conspiracy theories can't stand up to the facts*. N. Y., Hearst Books, 2006. 170 p.
10. Roytman V. M. Inzhenernaya otsenka odnogo iz mifov o sobyitiyakh 11 sentyabrya 2001 goda [The engineering evaluation of the one of myths about 9/11 events]. *Ingenernyye sistemy (AVOK – Severo-Zapad) — Engineering systems (AVOK – North-West)*, no. 4, 2008, pp. 26–29.
11. *ASTM E 119. Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials*. West Conshohocken, American Society for Testing and Materials, 2000.

For citation: Roytman V. M. O mekhanizme progressiruyushchego obrusheniya vysotnogo zdaniya VTTs-7 vo vremya sobyitiy 11 sentyabrya 2001 goda v Nyu-Yorke [On the mechanism of progressive collapse of the high-rise building WTC-7 during events of 11 September 2001 in New York]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 10, pp. 37–44. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.37-44.

А. Я. КОРОЛЬЧЕНКО, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры комплексной безопасности в строительстве, Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: krl39@ya.ru)

Д. П. ГЕТАЛО, инженер по пожарной безопасности в строительстве, Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: dgetalo@mail.ru)

УДК 614.841.332;699.812

ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ ШТОРЫ (ОБЗОР)

Часть 3*

10. Методы испытаний противопожарных штор

Испытания противопожарных штор проводятся с использованием огневой камеры прямоугольного сечения (рис. 25), внутри которой создается температура, соответствующая стандартной кривой пожара. Одной из сторон огневой камеры служит противопожарная штора в натуральную величину.

Методика предусматривает процедуру испытаний на огнестойкость противопожарных штор, предназначенных для блокирования или ограничения распространения продуктов горения во внутренних объемах зданий при пожарах, в том числе в местах установки внутренних открытых лестниц и эскалаторов, через открытые проемы стен и перегородок, в том числе технологических и транспортных.

Предельное состояние конструкции противопожарной шторы по огнестойкости определяется потерей ее целостности. Потеря целостности конструкции условно обозначается EI с нормируемым значением времени в минутах, в течение которого она сохраняет целостность, например EI15, EI30 и т. д.

Потеря целостности характеризуется следующими признаками:

- расширением пор в материале рабочего полотна или образованием в нем сквозных отверстий;
- разрушением или повреждением направляющих элементов с образованием между ними и кромкой сквозного зазора;
- нарушениями примыкания в местах стыковки рабочих полотен с образованием зазора;
- проникновением продуктов горения или пламени через поры, отверстия или зазоры.

Сущность метода заключается в определении интервала времени с момента начала одностороннего теплового воздействия на противопожарную

штору до наступления предельного состояния. Тепловое воздействие должно соответствовать режиму стандартной кривой пожара. Перепад давления на испытываемой конструкции противопожарной шторы на уровне ее геометрического центра должен составлять от 12 до 15 Па.

Режимы испытаний могут быть изменены с учетом особенностей функционального назначения противопожарных штор, в соответствии с требованиями проектной организации (например, при изменении теплового режима пожара) и т. п.

Количество и размеры образцов испытываемых конструкций необходимо определять согласно конструкторской документации. Образцы должны предоставляться в сборе с полной комплектацией, преимущественно проектных размеров. При невозможности испытаний конструкций проектных размеров возможно предоставление образцов размерами не менее 2,0×1,5 м.

Оценка результатов испытания производится по фактически установленному пределу огнестойкости испытанной конструкции, т. е. по моменту наступления ее предельного состояния.



Рис. 25. Камера для проведения огневых испытаний противопожарных штор

* Окончание. Начало см. в журнале "Пожаровзрывобезопасность" № 4 и 7 за 2015 г.

10.1. Испытания на огнестойкость в условиях стандартного температурного режима пожара

Данная серия опытов направлена на решение следующих задач:

- установление необходимого и фактического времени насыщения рабочего полотна водой на начальной стадии пожара;
- определение изменения температуры на обогреваемой и необогреваемой поверхностях рабочего полотна;
- определение расхода подаваемой на рабочее полотно воды в непрерывном режиме;
- проверка работоспособности принципиальных конструктивных решений противопожарной шторы.

Методика проведения испытаний должна соответствовать методикам испытаний на огнестойкость ограждающих строительных конструкций, изложенным в ГОСТ 30247.1–94, ГОСТ Р 53305–2009, ГОСТ Р 53307–2009 в части способа создания огневого воздействия, способа установки образца, средств и процедуры измерений, критериев работоспособности конструкции.

Для проведения данной серии опытов необходимо следующее оборудование:

- печь с размерами внутреннего объема не менее 2,0×1,0×2,5 м, с проемом в стенке сечением не менее 2,0×2,5 м, с форсунками, обеспечивающими режим стандартного пожара;
- железобетонный вкладыш толщиной 0,25 м с проемом 1,6×2,5 м, устанавливаемый в проеме печи;
- регистрирующее устройство “Микролаб” и программное обеспечение (диапазон измерений от минус 270 до 1300 °С, класс точности 0,5; исполнение УХЛ по ГОСТ 15150–69);
- термопары печные (класс точности 2);
- термопары ТХА (класс точности 2);
- емкость для сбора воды размером 2,0×0,4×0,3 м;
- насос “RoverPomp” BE-M 20 CE (вихревой, производительность 0,3–1,5 м³/ч, мощность 0,37 кВт, частота вращения 3000 мин⁻¹; температура перекачиваемой воды до 90 °С);
- линии подачи и отведения воды;
- фотокамера тепловизионная FLIRi5 (диапазон измерений от минус 40 до 270 °С);
- фотовидеокамера mini-DV “Panasonic” DS-330.

Для испытаний берется образец противопожарной шторы упрощенной конструкции. Принятые при этом упрощения не должны оказывать влияния на процессы тепломассопереноса в рабочем полотне, определяющие огнестойкость конструкции.

Рабочее полотно изготавливается из кремнеземных материалов и закрепляется по контуру проема в несущих и направляющих элементах способом,

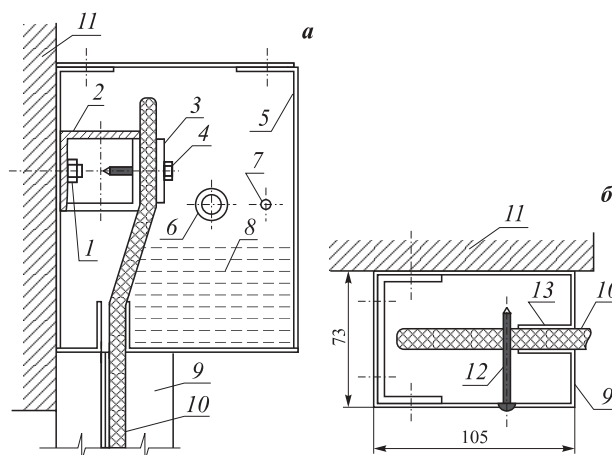


Рис. 26. Поперечное сечение корпуса (а) и направляющих элементов (б) образца противопожарной шторы: 1 — анкер; 2 — несущий элемент; 3 — полоса стальная; 4 — винт самонарезающий; 5 — корпус; 6 — штуцер подачи воды; 7 — индикаторное отверстие; 8 — вода; 9 — направляющий элемент; 10 — рабочее полотно; 11 — железобетонный вкладыш; 12 — винт самонарезающий; 13 — лента термоуплотнительная

показанным на рис. 26. Несущие и направляющие элементы крепятся к бетонному вкладышу печи по периметру проема анкерными болтами М8Ø10.

Крепление рабочего полотна над проемом осуществляется к стальному профилю размером 50×50×3 мм, расположенному внутри корпуса и закрепленному на железобетонном вкладыше. Крепление рабочего полотна по боковым и нижнему краям осуществляется к направляющим элементам в зоне конструктивного зазора. Детали корпуса и направляющих элементов изготавливаются из листовой углеродистой стали толщиной 2 мм.

Вода подается в стенку рабочего полотна из пропиточного узла, расположенного внутри корпуса шторы. Пропиточный узел представляет собой заполненную водой емкость, одну из стенок которой образует рабочее полотно. На начальной стадии вода должна проникать в стенку рабочего полотна за счет капиллярных явлений и, достигнув расстояния, равного высоте капиллярного поднятия жидкости, распространяться вниз посредством фильтрации под действием силы тяжести.

Вода подается в пропиточный узел через отверстие в корпусе, снабженное штуцером, подсоединенным к линии подачи воды, связанной с источником водоснабжения здания. В составе линии подачи воды предусмотрен регулировочный узел, а у верхнего края емкости — индикаторное отверстие, через которое переливается вода в случае переполнения емкости.

Термопары устанавливаются на обогреваемой и необогреваемой поверхностях рабочего полотна согласно схеме, показанной на рис. 27. На схеме около контрольных точек указаны номера термопар, уста-

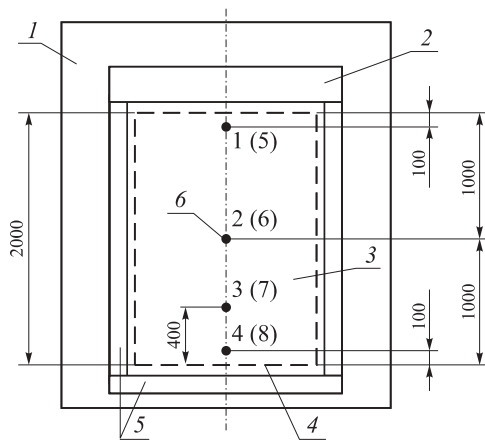


Рис. 27. Схема установки термопар: 1 — железобетонный вкладыш; 2 — корпус шторы; 3 — рабочее полотно; 4 — проем; 5 — направляющий элемент; 6 — контрольные точки

новленных на обогреваемой (номер без скобок) и необогреваемой (номер в скобках) поверхностях.

Испытания проводятся в следующем порядке.

Сначала приводится в действие измерительная и регистрирующая аппаратура.

Затем включается печь, создающая одностороннее огневое воздействие на испытываемую конструкцию. Температурный режим в печи поддерживается в соответствии с требованиями ГОСТ 30247.0–94.

Одновременно с началом огневого воздействия осуществляется подача воды в пропиточный узел с максимальным расходом.

В процессе испытаний производится:

- регистрация температур в печи и в контрольных точках рабочего полотна с частотой опроса не менее 1 Гц;
- регулирование расхода воды до достижения его минимально необходимого значения;
- тепловизионная съемка с периодичностью 15 мин;
- периодическое отведение с помощью насоса не испарившейся воды из емкости для ее сбора, установленной под испытываемым образцом;
- непрерывная регистрация показаний счетчиков объема поданной и отведенной воды при помощи видеокамеры;
- видеосъемка состояния испытываемого образца;
- контроль достижения образцом предельных состояний;
- фото- и видеосъемка основных моментов испытаний.

Минимально необходимый расход подаваемой воды обеспечивается исключением ее вытекания из индикаторного отверстия и поддержанием температуры в контрольных точках необогреваемой поверхности рабочего полотна в пределах 100 °С, причем температура в точках 7 и 8 должна максимально приближаться к этому значению.

В ходе испытаний производится контроль предельных состояний, характеризующих наступление предела огнестойкости по критериям потери целостности и теплоизолирующей способности.

Испытания должны продолжаться до достижения стационарного режима теплообмена, но не более 150 мин.

После высыхания рабочего полотна и охлаждения печи до температуры помещения проводится испытание конструкции на огнестойкость при отсутствии подачи воды в рабочее полотно.

10.2. Результаты испытаний на огнестойкость в условиях стандартного температурного режима

Предоставленные на испытание опытные образцы рабочего полотна противопожарной шторы номинальной толщиной 5 и 10 мм имели следующую структуру.

Наружные слои сформированы из кремнеземной ткани PS-600, внутренний слой — из нетканого иглопробивного рулонного материала (полотна) ИПП-КВ номинальной плотностью (160 ± 10) кг/м³ и толщиной 6 мм. Слои рабочего полотна соединены простежкой кремнеземной нитью на вязально-прошивной машине.

Испытывали по два образца каждой толщины. В период проведения испытаний наступления предельных состояний не установлено.

Количество неиспарившейся воды, выделившейся из рабочего полотна в помещение лаборатории за время проведения испытаний, не превышало 100 л. Данное количество выделялось на начальной стадии испытаний и не способно было оказать заметного разрушающего воздействия на строительные конструкции, отделку или обстановку, в том числе на содержимое архивов, библиотек, вычислительных центров и т. п.

К 40-й минуте испытаний в рабочем полотне установился стационарный режим теплообмена. При этом вытекание неиспарившейся воды из нижней части рабочего полотна стало пренебрежимо малым.

Расход воды на 1 м ширины проема в течение времени функционирования рабочего полотна в стационарном режиме оставался постоянным и составил при толщине рабочего полотна 10 мм 0,049 л/с, 5 мм — 0,083 л/с.

Промежуток времени с момента прекращения подачи воды до потери рабочим полотном толщиной 10 мм теплоизолирующей способности составил 9 мин.

При испытаниях без орошения водой рабочее полотно способно сохранять теплоизолирующую способность на начальной стадии пожара при толщине 5 мм в течение 120 с, 10 мм — в течение 180 с.

Фактическое время насыщения водой рабочего полотна толщиной 10 мм на начальной стадии испытаний составило 160 с, что меньше времени, по истечении которого наступает предел огнестойкости по критерию потери теплоизолирующей способности при испытании без орошения его водой. Остальные пики связаны с регулировкой расхода подаваемой из водопровода воды для исключения ее вытекания в нижней части рабочего полотна при сохранении его теплоизолирующей способности.

Время насыщения водой рабочего полотна толщиной 5 мм составило 112 с. Уменьшение времени в этом случае обусловлено тем, что в случае использования более тонкого и гибкого рабочего полотна под давлением находящейся внутри него воды образовался зазор в зоне контакта полотна с корпусом. Испытываемая конструкция при этом сохранила свою работоспособность.

Данное явление целесообразно учитывать при создании конструкции опытного образца.

11. Дымозащитные шторы как разновидность противопожарных штор

Дымозащитные шторы предназначены для регулирования направления дымового потока и предотвращения распространения дыма в соседние помещения во время развития пожара. При производстве дымозащитных штор используется специальная огнестойкая ткань.

Дымозащитные шторы монтируются отдельными блоками длиной более 6 м каждый, со стыковкой их внахлест, с запасом не менее 300 мм и более, до достижения необходимой длины.

На рис. 28 представлены дымозащитные шторы, устроенные в холле ТРЦ. При возникновении пожара шторы отпускаются, блокируя распространение дыма по всему пространству холла, что обеспечивает безопасную и быструю эвакуацию людей из здания.

Дымозащитные шторы поставляются в следующей комплектации: корпус; намоточный вал; полот-



Рис. 28. Дымозащитные шторы в холле ТРЦ

Таблица 7. Стоимость противопожарных штор

Тип штора	Размер, м	Стоимость 1 м ² , руб.
Archicon (Россия)	2,32×2,32	2873
Bytec Огнепреграда (Россия)	2,32×2,10	8736
Supercoil (полотно марки "Protex 1100") (Германия)	—	≈25000/> 50000*

* Над чертой указана стоимость конструкции без орошения водой, под чертой — с орошением.

но; отсекающие шины; приводы (ручные или электрические); блок управления; направляющие.

11.1. Отличие дымозащитных штор от огнезащитных

Огнезащитные шторы очень практичны и выгодны (табл. 7), поскольку они:

- дешевы;
- имеют эстетичный вид;
- дают возможность совмещать их систему автоматизации с основной пожарной сигнализацией;
- обеспечивают возможность эвакуации людей с задымленного участка;
- имеют небольшие размеры (за счет чего освобождается пространство);
- отличаются легкостью монтажа;
- имеют небольшой вес;
- не наносят в процессе установки повреждений архитектурным элементам зданий;
- отличаются свободным дизайном;
- просты в обслуживании.

Дымозащитные шторы:

- разделяют объем помещения на дымовые зоны без сооружения дополнительных стенок;
- уменьшают число систем дымоудаления;
- повышают продуктивность аэрационных фонарей;
- снижают ущерб от воздействия дыма;
- дают возможность для скрытого монтажа;
- имеют перпендикулярные и горизонтальные конструкции;
- гарантируют безопасность путей для эвакуации людей.

12. Применение противопожарных штор

С тех пор как появилось человечество, а следовательно, и строения, существует необходимость в предотвращении угроз, связанных с жизнью и здоровьем людей. Опасность поджидает повсюду, где есть, чему гореть, поэтому и были придуманы правила пожарной безопасности, одним из требований которых является предупреждение, а другим — максимальная защита от огня.

Противопожарные шторы широко применяются для защиты зданий различных типов. При этом используются разные модификации штор.

Для локализации пожаров внутри зданий противопожарные шторы целесообразно устраивать таким образом, чтобы не мешать нормальной аварийной эвакуации. Для этого четко отслеживается весь план расположения помещений, отдельных отсеков, шахт лифтов и аварийных проходов. Следует учитывать также тип используемых штор — противодымные или огнезащитные. От этого будет зависеть их местоположение — в потолочном пространстве или в проеме, а также цель применения — для разделения огромного зала или перекрытия только перехода между отдельными помещениями.

На рис. 29 представлен пример применения противопожарных штор в ТРЦ. Штора установлена таким образом, что при пожаре она блокирует холл и зону эскалатора.

На рис. 30 приведен пример применения противопожарных штор в концертных залах, кинотеатрах, театрах и т. п. В зданиях этого типа штора перекрывает саму сцену, блокируя тем самым распространение пламени и продуктов горения в зрительный зал.



Рис. 29. Применение противопожарных штор в торгово-развлекательных центрах



Рис. 30. Применение противопожарных штор в театральных залах



Рис. 31. Применение горизонтальных противопожарных штор для защиты межэтажного пространства зданий

Для защиты межэтажного пространства применяются горизонтальные противопожарные шторы (рис. 31). Такие шторы, перекрывая проемы, предотвращают распространение пламени и продуктов горения между этажами.

Перечисленные выше мероприятия следует проводить для противопожарной защиты в небольших помещениях — офисах, комнатах отдыха, а также в гостиницах и на площадях, превышающих 1000 м² (склады и цеха, гаражи и парковки, музеи, метрополитены и эскалаторы, магазины и т. п.). В любом случае обязательно надо предварительно просчитать весь объект.

Следующим аспектом, на который необходимо обратить внимание при использовании огнезащитных преград, является водопроводная система. Ведь в отдельных случаях противопожарные шторы выпускаются с дополнительным водяным орошением, поэтому необходимо учитывать, есть подводка воды или нет.

Немаловажными объектами в любом здании являются фасады и чердачные помещения, где предусмотрены противопожарные окна. Такие окна, как правило, стационарные, поэтому часто возникает проблема с доступом к ним и с очищением стекол. В этом случае гибкие, легко убираемые противопожарные шторы оказываются самыми удобными. Кроме того, они способны выдерживать не только высокие температуры, но и достаточно низкие (вплоть до минус 40 °С).

И последним, но не менее важным фактором установки, а соответственно, и применения новых технологий защиты от пожара, является наличие пульта управления и кнопки запуска штор, которые должны быть доступны в любое время. При невозможности размещения пускового устройства непосредственно рядом со шторой (например, в пото-

лочном пространстве или шахтном проеме) следует предусмотреть установку его в другом доступном месте.

Заключение

Расширение области применения противопожарных преград в строительстве должно осуществляться с учетом следующих мероприятий:

- использование в качестве полотна огнезащитных штор базальтового волокнистого материала российского производства “Тизол”, отличающегося негорючестью;
- применение методики расчета водяного орошения для обеспечения необходимого предела огнестойкости противопожарных штор при минимальном расходе воды.

Материал поступил в редакцию 15 января 2015 г.

Для цитирования: Корольченко А. Я., Гетало Д. П. Противопожарные шторы (обзор). Часть 3 // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 10. — С. 45–50.

For citation: Korolchenko A. Ya., Getalo D. P. Protivopozharnyye shtory (obzor). Chast 3 [Fire shields (review). Part 3]. Pozharovzryvobezопасnost — Fire and Explosion Safety, 2015, vol. 24, no. 10, pp. 45–50.

ЕВДОКИМОВ В. И., ГОРЯЧКИНА Т. Г., ПОТАШЕВ Д. А.

Пожарная безопасность. Аннотационный указатель отечественных патентов на изобретения. Серия: Полезная библиография / Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А. М. Никифорова МЧС России, СПб. ун-т ГПС МЧС России. — СПб.: Политехника сервис. — Вып. 1 (1994–1999 гг.). — 2013. — 282 с.; Вып. 2 (2000–2004 гг.). — 2013. — 252 с.; Вып. 3 (2005–2009 гг.). — 2014. — 315 с.; вып. 4 (2010–2013 гг.). — 2014. — 344 с.; Вып. 5 (2014 г.). — 2015. — 119 с.

ISBN 978-5-906555-08-3.

Тираж 100 экз. Стоимость 1 комплекта — 1500 руб.



В указателе представлены библиографические данные и рефераты на отечественные патенты на изобретения, зарегистрированные в Федеральной службе по интеллектуальной собственности РФ (Роспатент): вып. 1 — на 741 патент; вып. 2 — на 574 патента; вып. 3 — на 661 патент; вып. 4 — на 716 патентов; вып. 5 — на 246 патентов.

Библиографическое описание патентов приведено по ГОСТ 7.1–2003. Справочный аппарат: нумерационный указатель патентов и алфавитный указатель авторов.

e-mail: 9334616@mail.ru

М. АРЕНС, менеджер службы анализа пожаров, Национальная ассоциация противопожарной защиты США (США, штат Массачусетс, 02169-7471, Беттеримарч Парк Куинси, 1; e-mail: mahrens@nfpa.org)

Н. Н. БРУШЛИНСКИЙ, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры управления и экономики ГПС, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: albrus-ssv@yandex.ru)

П. ВАГНЕР, доктор, инженер, заместитель начальника Академии пожарной службы Берлина (Германия, 13503, г. Берлин, Руппинер Чаусси, 268; e-mail: drpeterwagner@kabelmail.de)

С. В. СОКОЛОВ, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры управления и экономики ГПС, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: albrus-ssv@yandex.ru)

УДК 614.8(100)“20”

ОБСТАНОВКА С ПОЖАРАМИ В МИРЕ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА

Приводится информация об обстановке с пожарами и их последствиях на Земле в начале XXI века. Проведена оценка общего числа пожаров на земле, которая составляет 10–12 млн. в год, и числа погибших на пожарах людей — 100–120 тыс. чел. в год. Представлена динамика изменения числа пожаров и погибших при пожарах людей с 2009 по 2013 гг. в 40 странах мира. Приведены данные Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) о смертности в мире и основных ее причинах. Проведено сравнение статистических данных о гибели людей от огня, тепла и горячих субстанций по материалам ВОЗ и от пожаров по данным противопожарных служб в 35 странах мира в 2012 г. Показано, что вся совокупность данных для 35 стран различается на 33 %. Представлены данные о “стоимости” пожаров в различных странах мира, которая составляет примерно 1 % от валового национального продукта страны, при этом затраты на борьбу с пожарами в 3–5 раз превосходят потери от пожаров.

Ключевые слова: пожарная служба; статистика пожаров; смертность; мировая пожарная статистика; стоимость пожаров.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.51-58

Введение

В 90-х годах прошлого века появление такой статьи было невозможно из-за отсутствия необходимой информации. Общественность и специалисты пожарного дела были заинтересованы в организации создания информационной базы и возможности получения информации, необходимой для мониторинга и обеспечения пожарной безопасности в отдельных странах, на континентах и планете в целом [1]. Сегодня, спустя два десятилетия, ситуация изменилась коренным образом.

В 1995 г. при Международной ассоциации пожарно-спасательных служб (КТИФ) был создан Центр пожарной статистики (ЦПС), который в 2015 г. выпустил юбилейный отчет № 20 “Мировая пожарная статистика”. Отчеты ЦПС издаются на русском, английском и немецком языках, публикуются в печатном виде и в интернете на сайте КТИФ и давно уже стали широко использоваться специалистами всего мира.

В этих отчетах представлена информация о динамике изменения числа пожаров, их жертв (погиб-

ших и травмированных), отдельно о числе погибших и травмированных пожарных, о численности и оснащенности противопожарных служб и т. п. в 50–60 странах и примерно в 80 крупнейших городах мира [2–8].

Кроме того, приводятся данные о “стоимости” пожаров (прямой и косвенный ущерб; стоимость содержания противопожарных служб, страховой администрации; затраты на противопожарную защиту зданий и сооружений). Эти данные с 1981 г. стал собирать Всемирный центр пожарной статистики (ВЦПС), созданный при Женевской международной ассоциации изучения экономики страхования [9]. Результаты своей деятельности ВЦПС ежегодно публикует в небольшом отчете на английском языке, а ЦПС по своей методике обрабатывает эти материалы и публикует в своем отчете.

Таким образом, во втором десятилетии XXI века появилась возможность ознакомить общественность и специалистов с обстановкой с пожарами и их последствиями на нашей планете. Этому и посвящена

Таблица 1. Динамика изменения числа пожаров в странах мира за период 2009–2013 гг.

№ п/п	Страна	Население, тыс. чел.	Число пожаров по годам					Среднее	
			2009	2010	2011	2012	2013	в год	на 1000 чел. в год
1	США	316 129	1 348 500	1 331 500	1 389 500	1 375 000	1 240 000	1 336 900	4,23
2	Бангладеш	166 000	12 182	–	–	–	–	12 182	0,07
3	Россия	143 000	187 600	179 500	168 205	162 900	152 959	170 233	1,19
4	Япония	127 297	–	–	50 006	44 101	48 095	47 401	0,37
5	Вьетнам	93 000	1 916	2 354	1 764	1 900	2 540	2 095	0,02
6	Германия	82 218	188 429	189 400	205 386	–	–	194 405	2,36
7	Франция	66 030	343 300	336 867	317 909	306 871	281 908	317 371	4,81
8	Великобритания	61 370	309 000	299 000	287 000	273 000	192 600	272 120	4,43
9	Италия	61 000	210 548	197 166	230 244	241 232	196 196	215 077	3,53
10	Испания	47 021	–	115 267	–	–	–	115 267	2,45
11	Украина	45 489	44 015	62 207	60 790	71 443	61 144	59 920	1,32
12	Польша	38 496	159 122	135 555	171 839	183 888	125 425	155 166	4,03
13	Румыния	20 121	15 760	13 167	31 958	38 077	–	24 741	1,23
14	Казахстан	15 819	17 184	19 058	15 194	16 145	13 926	16 301	1,03
15	Португалия	11 000	44 849	26 800	–	–	–	35 825	3,26
16	Греция	10 788	37 779	–	35 474	33 731	28 232	33 804	3,13
17	Чехия	10 505	20 177	17 937	20 511	20 492	16 563	19 136	1,82
18	Венгрия	9 909	26 357	16 756	29 920	37 106	20 177	26 063	2,63
19	Швеция	9 556	29 493	–	24 806	22 657	25 392	25 587	2,68
20	Беларусь	9 468	–	10 023	35 322	34 505	7 151	21 750	2,30
21	Австрия	8 477	36 427	34 363	57 994	42 213	40 395	42 278	4,99
22	Швейцария	7 656	15 094	–	13 523	14 304	12 893	13 954	1,82
23	Сербия	7 566	6 168	17 304	31 886	–	–	18 453	2,44
24	Болгария	7 245	30 219	25 030	41 890	44 939	32 903	34 996	4,83
25	Дания	5 603	18 946	16 723	16 719	14 844	–	16 808	3,00
26	Киргизстан	5 522	3 278	6 145	3 973	3 708	3 924	4 206	0,76
27	Словакия	5 412	11 991	9 979	13 891	14 413	–	12 569	2,32
28	Финляндия	5 398	15 057	15 208	14 737	11 803	13 421	14 045	2,60
29	Норвегия	5 096	–	9 480	8 146	7 369	7 318	8 078	1,59
30	Сингапур	5 000	5 236	4 600	4 470	4 485	4 136	4 585	0,92
31	Ирландия	4 581	–	–	29 872	–	–	29 872	6,52
32	Новая Зеландия	4 405	21 060	18 622	14 357	–	–	18 013	4,09
33	Хорватия	4 290	7 549	5 036	10 003	10 857	8 062	8 301	1,94
34	Молдова	3 557	–	–	–	1 984	2 033	2 009	0,56
35	Кувейт	3 415	6 061	5 247	5 207	5 609	4 661	5 357	1,57
36	Монголия	2 997	2 285	2 645	3 224	3 730	3 819	3 141	1,05
37	Литва	2 992	16 195	13 411	–	11 257	11 333	13 049	4,36
38	Словения	2 055	7 110	3 770	5 198	5 570	4 175	5 165	2,51
39	Латвия	2 025	9 317	8 175	8 812	8 536	9 821	8 932	4,41
40	Эстония	1 316	8 421	6 439	6 321	4 973	5 745	6 380	4,85
41	Кипр	858	5 716	7 160	7 264	6 799	8 605	7 109	8,29
42	Лихтенштейн	37	–	–	–	32	46	39	1,05
Итого		1 439 719	3 222 341	3 161 894	3 373 315	3 080 473	2 585 598	3 378 681	2,35

Таблица 2. Среднее число пожаров в год в странах мира

№ п/п	Число пожаров в год	Число стран	Страны
1	600 000–1 500 000	1	США
2	100 000–600 000	13	Великобритания, Франция, Германия, Россия, Польша, Китай, Индия, Бразилия, Италия, Мексика, Австралия, Аргентина, Пакистан
3	20 000–100 000	21	Япония, Индонезия, Турция, Канада, ЮАР, Малайзия, Нидерланды, Украина, Испания, Иран и др.
4	10 000–20 000	20	Таиланд, Алжир, Узбекистан, Румыния, Казахстан, Куба, Чехия, Бельгия, Сербия, Дания, Финляндия и др.
5	5 000–10 000	15	Ирак, Шри-Ланка, Сирия, Тунис, Словакия, Грузия, Сингапур, Хорватия, Филиппины и др.
6	< 5 000	150	Остальные страны, не вошедшие в поз. 1–5
Итого		220	

Примечание. К сожалению, нет достоверных данных по Нигерии, Египту и некоторым другим крупным странам.

настоящая статья. При этом надо иметь в виду, что формирование мировой пожарной статистики продолжается.

1. О числе пожаров на Земле

В 2015 г. на планете насчитывалось 7,3 млрд. чел. и более 200 государств и независимых территорий (в ООН участвуют 193 государства).

По нашим оценкам, погрешность которых составляет 15–20 % (т. е. достаточно велика), в настоящее время на Земле ежегодно регистрируют 10–12 млн. пожаров (включая природные). Сложность правильного учета пожаров заключается в том, что в разных странах существуют различные правила такого учета, которые еще и меняются со временем. Мы не будем здесь разбирать эти различия, но заметим, что именно этим обстоятельством можно объяснить некоторые “странности” в статистике пожаров отдельных стран.

Например, больше всего пожаров на Земле регистрируется в США: в среднем 1350 тыс. пожаров в год на 315 млн. чел. В огромных по численности населения Китае (1,35 млрд. чел.) и Индии (1,15 млрд. чел.) официально ежегодно регистрируется соответственно примерно 100 тыс. и 200 тыс. пожаров.

В табл. 1 приведена динамика изменения числа пожаров в 42 странах мира за 2009–2013 гг. В этих странах в указанный период проживало около 1,44 млрд. чел. и ежегодно регистрировалось в среднем 3,4 млн. пожаров, т. е. на 1000 чел. в год приходилось в среднем 2,4 пожара [2–8].

В табл. 2 представлено ориентировочное распределение среднего числа пожаров в год по странам мира. Из табл. 2 следует, что по этому показателю лидируют с большим отрывом от других стран США. В 13 странах (за исключением США) ежегодно регистрируется более 100 тыс. пожаров.

Так выглядит обстановка с пожарами на Земле в начале XXI века.

2. О гибели людей на пожарах

Данные о гибели людей при пожарах собирают и публикуют противопожарные службы (ППС) стран [2–8] и Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) [10]. При этом ППС регистрирует только случаи гибели людей при пожарах (к сожалению, опять-таки по разным правилам учета), а ВОЗ учитывает факт гибели людей от “огня, тепла и горячих субстанций”. ВОЗ учитывает число погибших в более широких пределах: сюда могут относиться факты гибели людей и от фатальных ожогов на производстве, в быту, и в результате других несчастных случаев. Поэтому естественно ожидать, что данные ВОЗ

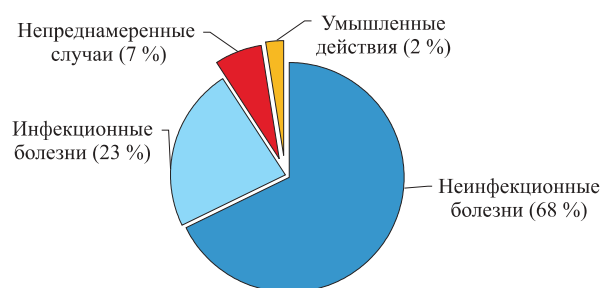


Рис. 1. Распределение причин смертности людей в мире

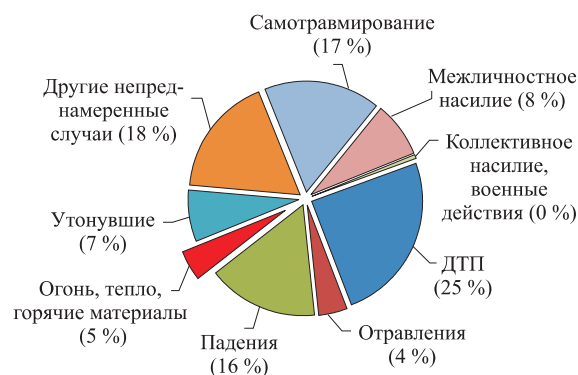


Рис. 2. Распределение причин смертности по умышленным действиям и непреднамеренным случаям

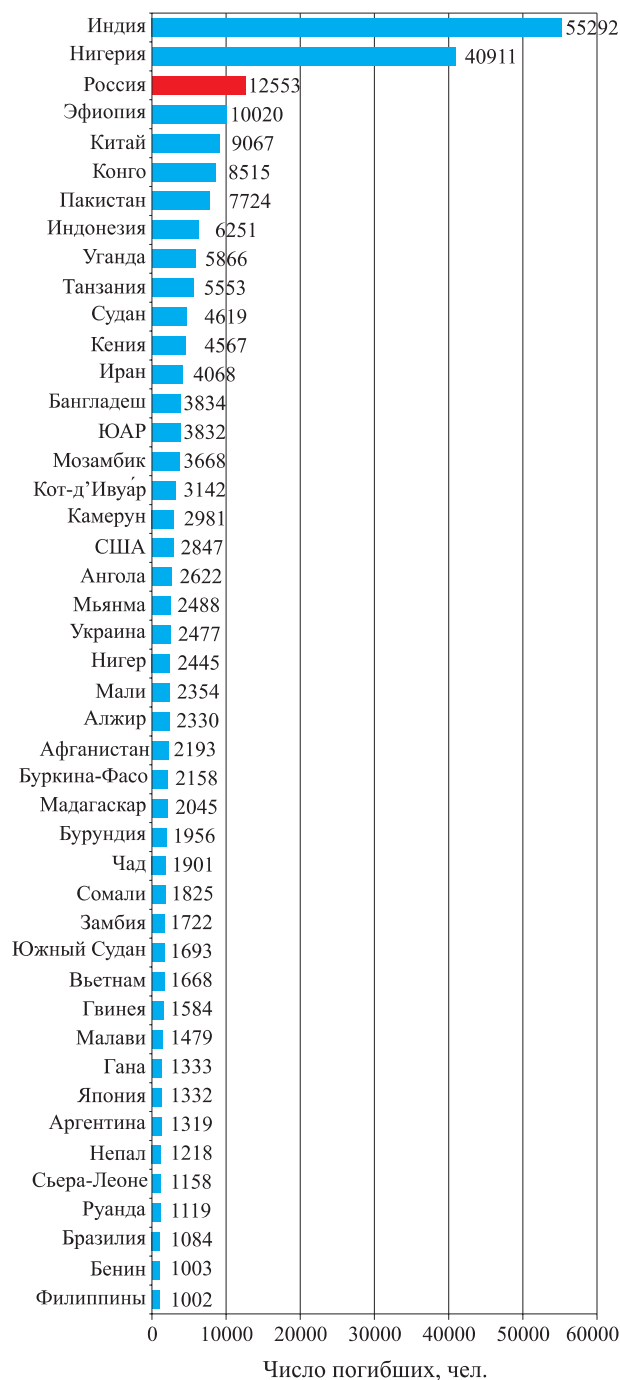


Рис. 3. Распределение числа погибших от огня по странам мира с числом погибших более 1000 чел. в 2012 г. (данные ВОЗ)

будут отличаться от статистики ППС и, как правило, в большую сторону.

В мае 2014 г. ВОЗ опубликовала данные о смертности людей для 172 стран мира за 2012 г., согласно которым в 2012 г. по различным причинам ушли из жизни 55,6 млн. чел. Распределение причин смертности представлено на рис. 1 и 2.

Из данных рис. 1 и 2 следует, что в 91 % случаев гибель людей наступала от различных болезней и только в 9 % случаев — от непреднамеренных и умышленных действий человека.

Таблица 3. Распределение погибших от огня в некоторых странах мира по данным ВОЗ и ППС за 2012 г.

№ п/п	Страна	Данные ВОЗ	Данные ППС	Разница, %
1	Индия	55 292	24 520	56
2	Россия	12 553	11 628	7
3	Китай	9 067	1 237	86
4	Пакистан	7 724	16 527	-114
5	ЮАР	3 832	2 776	28
6	США	2 847	2 855	0
7	Украина	2 477	2 751	-11
8	Вьетнам	1 668	78	95
9	Япония	1 332	1 721	-29
10	Аргентина	1 319	400	70
11	Филиппины	1 002	220	78
12	Польша	700	564	19
13	Беларусь	660	927	-40
14	Казахстан	599	518	14
15	Франция	488	362	26
16	Германия	422	347	18
17	Румыния	393	222	43
18	Великобритания	335	380	-13
19	Италия	201	257	-28
20	Греция	175	49	72
21	Венгрия	140	140	0
22	Швеция	122	103	16
23	Болгария	119	53	55
24	Латвия	116	99	15
25	Монголия	93	75	19
26	Дания	70	65	7
27	Литва	69	150	-117
28	Киргизстан	67	87	-29
29	Финляндия	65	77	-18
30	Чехия	57	125	-118
31	Эстония	52	54	-3
32	Хорватия	42	36	13
33	Австрия	38	30	22
34	Норвегия	35	40	-15
35	Кувейт	34	21	39
Итого		104 207	69 494	33

От огня, тепла и горячих материалов в этих странах в 2012 г. погибло 267,5 тыс. чел., что составляет 0,5 % от всех случаев смертности и 5 % от гибели из-за непреднамеренных и умышленных действий человека. Распределение числа погибших от огня в 45 странах мира представлено на рис. 3.

Заметим, что 47,8 % всех случаев гибели от огня приходится всего на пять стран: Индию (55,3 тыс.

Таблица 4. Динамика изменения числа жертв пожаров в странах мира за 2009–2013 гг.

№ п/п	Страна	Население, тыс. чел.	Число погибших по годам					Среднее число		
			2009	2010	2011	2012	2013	в год	на 100 тыс. чел.	на 100 пожаров
1	США	316 129	3 010	3 120	3 005	2 855	3 420	3 082	1,0	0,2
2	Россия	143 000	13 946	13 061	11 962	11 652	10 548	12 234	8,6	7,2
3	Япония	127 297	–	–	1 766	1 721	1 625	1 704	1,3	3,6
4	Вьетнам	93 000	52	68	75	78	45	64	0,1	3,0
5	Германия	82 218	432	373	376	–	–	394	0,5	0,2
6	Франция	66 030	394	438	459	362	321	395	0,6	0,1
7	Великобритания	61 370	416	388	388	380	350	384	0,6	0,1
8	Италия	61 000	109	74	79	257	–	130	0,2	0,1
9	Испания	47 021	196	192	–	–	–	194	0,4	0,2
10	Украина	45 489	3 209	2 819	2 869	2 751	2 494	2 828	6,2	4,7
11	Польша	38 496	584	525	585	564	515	555	1,4	0,4
12	Румыния	20 121	234	247	224	222	–	232	1,2	0,9
13	Казахстан	15 819	558	528	488	518	455	509	3,2	3,1
14	Португалия	11 000	0	0	–	–	–	0	0,0	0,0
15	Греция	10 788	55	–	48	49	33	46	0,4	0,1
16	Чехия	10 505	–	131	–	125	111	122	1,2	0,6
17	Венгрия	9 909	125	112	136	140	112	125	1,3	0,5
18	Швеция	9 556	124	–	102	103	96	106	1,1	0,4
19	Беларусь	9 468	–	1 120	483	927	783	828	8,7	3,8
20	Австрия	8 477	36	39	30	30	20	31	0,4	0,1
21	Сербия	7 566	86	81	85	–	–	84	1,1	0,5
22	Болгария	7 245	122	79	122	53	106	96	1,3	0,3
23	Дания	5 603	71	74	64	65	–	69	1,2	0,4
24	Киргизстан	5 522	75	64	84	87	62	74	1,3	1,8
25	Словакия	5 412	56	41	53	44	–	49	0,9	0,4
26	Финляндия	5 398	107	80	66	77	58	78	1,4	0,6
27	Норвегия	5 051	–	65	46	40	62	53	1,1	0,7
28	Сингапур	5 000	0	0	4	1	4	2	0,0	0,0
29	Ирландия	4 581	–	38	38	–	–	38	0,8	0,1
30	Новая Зеландия	4 405	36	34	17	–	–	29	0,7	0,2
31	Хорватия	4 290	28	26	49	36	–	35	0,8	0,4
32	Молдова	3 557	–	–	–	150	120	135	3,8	6,7
33	Кувейт	3 415	73	19	21	21	17	30	0,9	0,6
34	Монголия	2 997	55	65	84	75	53	66	2,2	2,1
35	Литва	2 992	203	233	–	150	160	187	6,2	1,4
36	Словения	2 059	–	16	14	8	0	10	0,5	0,2
37	Латвия	2 025	145	144	122	99	104	123	6,1	1,4
38	Эстония	1 316	63	69	73	54	47	61	4,7	1,0
39	Кипр	858	3	6	16	2	5	6	0,7	0,1
40	Лихтенштейн	37	–	–	–	0	0	0	0,0	0,0
Итого		1 266 022	24 603	24 369	24 033	23 696	21 726	25 187	2,0	0,7

Таблица 5. Среднее число погибших при пожарах в год в разных странах мира

№	Число погибших в год	Число стран	Страны
1	10 000–20 000	3	Индия, Россия, Пакистан
2	1 000–10 000	5	США, Китай, ЮАР, Украина, Япония
3	200–1 000	20	Великобритания, Германия, Индонезия, Беларусь, Бразилия, Мексика, Турция, Иран, Южная Корея, Испания, Польша, Канада, Узбекистан, Румыния, Казахстан, Литва, Латвия, Филиппины и др.
4	100–200	11	Австралия, Шри-Ланка, Чехия, Венгрия, Швеция, Болгария, Молдова и др.
5	<100	180	Остальные страны, не вошедшие в поз. 1–4
Итого:		220	

Таблица 6. Экономико-статистическая оценка “стоимости” пожаров (средняя за 2008–2010 гг.)

№ п/п	Страна	Стоимость, доли ВВП					$\sum_{i=1}^5 C_i$	Затраты/Потери ($C_3 + C_4 + C_5$) / ($C_1 + C_2$)
		Прямой ущерб	Косвенный ущерб	Содержание пожарной охраны	ППЗ зданий	Страхование		
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5		
1	Австралия	0,07	–	0,17	–	–	–	–
2	Чехия	0,07	–	–	0,16	–	–	–
3	Финляндия	0,17	0,011	0,19	–	0,03	–	–
4	Франция	0,20	–	–	–	–	–	–
5	Германия	0,12	0,014	–	–	–	–	–
6	Венгрия	0,02	–	0,13	–	–	–	–
7	Италия	0,20	–	–	0,35	0,04	–	–
8	Япония	0,12	0,060	0,26	0,12	0,09	0,650	2,61
9	Нидерланды	0,15	–	0,21	0,31	–	–	–
10	Новая Зеландия	0,12	–	0,16	0,24	–	–	–
11	Польша	0,09	–	0,16	–	–	–	–
12	Сингапур*	0,04	0,027	0,03	0,40	0,02	0,517	6,72
13	Испания	0,08	–	–	–	–	–	–
14	Швеция	0,18	0,060	0,13	0,20	0,05	0,620	1,58
15	Великобритания	0,13	0,008	0,20	0,29	0,10	0,728	3,84
16	США	0,10	0,007	0,29	0,29	0,12	0,807	6,54
Среднее		0,12	0,027	0,18	0,26	0,05	0,652	3,40

* Оценка при среднем значении C_2 .

чел.), Нигерию (40,9 тыс. чел.), Россию (12,5 тыс. чел.), Эфиопию (10,0 тыс. чел.) и Китай (9,0 тыс. чел.).

Авторы статьи располагают аналогичными данными ППС по ряду стран, поэтому мы решили сопоставить данные ВОЗ и ППС. Результаты сравнения представлены в табл. 3. Из табл. 3 видно, что данные ВОЗ, как правило, существенно отличаются (на десятки процентов) от данных ППС и, что удивительно, нередко в меньшую сторону. Например, для Индии разница составляет 56 %, для Китая — 86 %. Лишь в нескольких случаях различие составляет от 0 до 3–7 % (Россия, США, Венгрия, Эстония). Вся совокупность данных для 35 стран (суммарная) в итоге различается на 33 %. В дальнейшем мы будем использовать данные ППС.

В табл. 4 приведена динамика изменения числа жертв от пожаров в 40 странах мира за 2009–2013 гг. В этих странах в указанный период проживало в

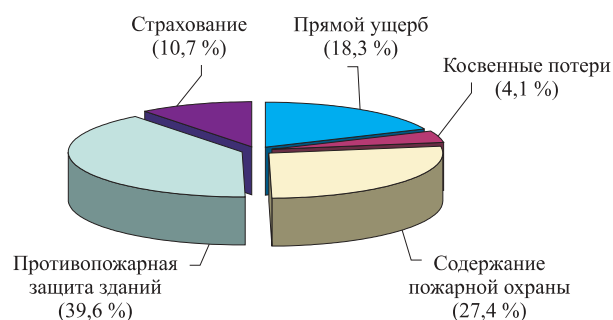


Рис. 4. Экономико-статистическая оценка “стоимости” пожаров (2008–2010 гг.)

среднем 1,3 млрд. чел. Ежегодно при пожарах погибало в среднем более 25 тыс. чел., т. е. на каждые 100 тыс. чел. приходилось 2 погибших, а на каждые 100 пожаров в год — в среднем 0,7 чел. [2–8].

В табл. 5 представлено ориентировочное распределение жертв пожаров по странам мира в начале XXI века. Из табл. 5 следует, что в трех из них погибает более 10 тыс. чел. (к сожалению, отсутствуют данные ППС по таким крупным странам, как Индонезия, Бразилия, Нигерия, Мексика), в пяти — от 1 до 10 тыс. чел., в подавляющем большинстве — не более нескольких десятков.

В целом, по нашему мнению, в мире ежегодно погибает при пожарах 100–120 тыс. чел.

3. О стоимости пожаров в мире

В табл. 6 и на рис. 4 представлены данные по 16 странам мира о “стоимости” пожаров, выраженной в долях валового национального продукта (ВВП) этих стран. В итоговой (нижней) строке видно, что прямой ущерб от пожаров в этих странах составил в среднем 0,12 % ВВП, косвенный — 0,027 % (т. е. примерно в 4,5 раз меньше прямого); содержание противопожарной службы в каждой стране — в сред-

нем 0,18 % ВВП; стоимость систем противопожарной защиты в зданиях для каждой страны — в среднем 0,26 % ВВП; наконец, затраты на противопожарное страхование — в среднем 0,05 % ВВП для каждой страны.

В целом потери от пожаров и затрат на борьбу с ними составили для каждой страны в среднем 0,65 % ВВП, а затраты на борьбу с пожарами существенно превосходят потери от них (в среднем в 4–5 раз).

Необходимо заметить, что здесь не учтены некоторые затраты и потери, которые существуют в различных странах. Например, затраты на оснащение добровольной пожарной службы и социальные потери, которые в ряде стран оцениваются не меньше прямого ущерба. Таким образом, суммарные затраты и потери в странах можно оценить примерно в 1 % от ВВП.

Выводы

Итак, в начале XXI века в мире ежегодно происходит 10–12 млн. пожаров, при которых погибают 100–120 тыс. чел. При этом ущерб от пожаров и затраты на борьбу с ними ежегодно составляют ориентировочно в сумме около 1 % ВВП (причем затраты в 3–5 раз превышают ущерб от пожаров).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brushlinsky N. N. Formulating statistics for a safer planet // Fire International. — July 1996. — P. 16–21.
2. Karter M. J. Jr. Fire Loss in the United States During 2013. NFPA, July 2014.
3. Karter M. J. Jr., Stein G. P. US Fire Department Profile 2013. NFPA, October 2014.
4. Les Statistiques des Services d'Incendie et de Secours. Edition 2014.
5. The Singapore Civil Defence Force. Annual Report 2014.
6. Brushlinsky N. N., Hall J. R., Sokolov S. V., Wagner P. World of Fire Statistics. Center of Fire Statistics of CTIF. — 2013. — No. 18. — 61 p.
7. Brushlinsky N. N., Ahrens M., Sokolov S. V., Wagner P. World of Fire Statistics. Center of Fire Statistics of CTIF. — 2014. — No. 19. — 60 p.
8. Brushlinsky N. N., Ahrens M., Sokolov S. V., Wagner P. World of Fire Statistics. Center of Fire Statistics of CTIF. — 2015. — No. 20. — 63 p.
9. Bulletin World Fire Statistics Centre. The Geneva Association, April 2014. — No. 29.
10. Estimated deaths by cause, sex and WHO Member State (1), 2012. World Health Organization, Department of Health Statistics and Information Systems, May 2014.

Материал поступил в редакцию 4 сентября 2015 г.

Для цитирования: Аренс М., Брушлинский Н. Н., Вагнер П., Соколов С. В. Обстановка с пожарами в мире в начале XXI века // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 10. — С. 51–58. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.51-58.

English

SITUATION WITH THE FIRES ON THE EARTH AT THE BEGINNING OF THE XXI CENTURY

AHRENS M., NFPA Senior Manager, Fire Analysis Services
(Batterymarch Park Quincy, 1, Massachusetts, 02169–7471, USA;
e-mail: mahrens@nfpa.org)

BRUSLINSKIY N. N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Scientific and Educational Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: albrus-ssv@yandex.ru)

WAGNER P., Dr. Ing., Vice-Chief of Berlin Fire and Rescue Academy (Berliner Feuerwehr und Rettungsdienst Akademie) (Ruppiner Chaussee, 268, Berlin, 13503, Germany; e-mail: drpeterwagner@kabelmail.de)

SOKOLOV S. V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Scientific and Educational Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: albrus-ssv@yandex.ru)

ABSTRACT

The information about the situation with the fires and their effects on the Earth at the beginning of the XXI century has been presented in the article. There was estimated the total number of fires on the Earth in 10–12 mln. a year and the number of fire deaths in the 100–120 thous. inh. a year. The trends of the number of fires and fire deaths from 2009 to 2013 in 40 countries of the world have been shown. The data on mortality in the world and its main causes according to the data of the World Health Organization (WHO) is given. The authors have estimated the number of “deaths from the fire, heat and hot substances” by data of WHO and the number of “fire deaths” by data of fire services in 35 countries. All the data for the 35 countries as a result varies by 33 %. The article provides estimates of percentages of gross domestic product (GDP) accounted for by several fire-related components of the “total cost of fire”, shows that it is about 1 % of the GDP of the country at the same time the cost of fire fighting in 3–5 times greater than the loss from fires.

Keywords: fire service; fire statistics; mortality; world fire statistics; cost of fires.

REFERENCES

1. Brushlinsky N. N. Formulating statistics for a safer planet. *Fire International*, July 1996, pp. 16–21.
2. Karter M. J. Jr. *Fire Loss in the United States During 2013*. NFPA, July 2014.
3. Karter M. J. Jr., Stein G. P. *US Fire Department Profile 2013*. NFPA, October 2014.
4. *Les Statistiques des Services d'Incendie et de Secours*. Edition 2014.
5. *The Singapore Civil Defence Force*. Annual Report 2014.
6. Brushlinsky N. N., Hall J. R., Sokolov S. V., Wagner P. *World of Fire Statistics*. Center of Fire Statistics of CTIF, 2013, no. 18. 61 p.
7. Brushlinsky N. N., Ahrens M., Sokolov S. V., Wagner P. *World of Fire Statistics*. Center of Fire Statistics of CTIF, 2014, no. 19. 60 p.
8. Brushlinsky N. N., Ahrens M., Sokolov S. V., Wagner P. *World of Fire Statistics*. Center of Fire Statistics of CTIF, 2015, no. 20. 63 p.
9. *Bulletin World Fire Statistics Centre*. The Geneva Association, April 2014, no. 29.
10. *Estimated deaths by cause, sex and WHO Member State (1), 2012*. World Health Organization, Department of Health Statistics and Information Systems, May 2014.

For citation: Ahrens M., Bruslinskiy N. N., Wagner P., Sokolov S. V. Obstanovka s požarami v mire v nachale XXI veka [Situation with the fires on the earth at the beginning of the XXI century]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 10, pp. 51–58. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.51-58.

А. А. КОРНИЛОВ, канд. техн. наук, доцент кафедры пожарной автоматики,
Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22;
e-mail: kornilov_alexei@mail.ru)

УДК 614.849

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПОЖАРНОГО РИСКА ПРИ ОБОСНОВАНИИ ОТСТУПЛЕНИЙ В ЧАСТИ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Показано, что согласно опыту применения методики расчета пожарного риска в объектах общественного назначения ее отдельные положения достаточно противоречивы, особенно те, которые касаются механизма, учитывающего наличие систем автоматической противопожарной защиты. На основании данных о вероятности возникновения пожара, приведенных в методике, выполнен комплекс расчетов, подтверждающих неэффективность ее применения при обосновании отступлений от требований пожарной безопасности в части устройства систем автоматической противопожарной защиты. Предложены некоторые изменения в методику расчета пожарного риска, позволяющие сократить количество противоречий.

Ключевые слова: пожарный риск; методика расчета пожарного риска; система автоматической противопожарной защиты; отступление от требований пожарной безопасности; Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.59-66

Вступление в силу Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [1] (далее — Технический регламент) и внедрение понятия и методики расчета пожарного риска в практику разработки системы противопожарной защиты объектов различного назначения, безусловно, следует считать новым этапом в области противопожарного нормирования [2]. Сфера проектирования сегодня развивается так же динамично, как и все остальные сферы нашей жизни. Отрицать это или пытаться вернуть все в прежнее русло — значит пытаться идти против естественных процессов развития. В этом смысле нормативный подход позволил сформировать необходимую базу для дальнейшего совершенствования механизмов разработки проектных решений в области обеспечения пожарной безопасности. На субъективный взгляд автора, даже регулярная переработка нормативных документов не позволит учесть постоянно растущее многообразие проектных решений инженеров и архитекторов. Именно поэтому, несмотря на искреннее стремление к разработке максимально прогрессивных норм, процесс этот всегда будет носить “догоняющий”, а точнее “тормозящий” характер, особенно если учесть интервал времени между разработкой, утверждением и внесением документа в перечень норм добровольного или обязательного применения.

В связи с этим разработка эффективных механизмов, имеющих большую “степень свободы” по сравнению с комплексом нормативных требований (по существу, набором типовых решений), может стать логическим продолжением развития системы нормирования в сложившихся условиях.

Проблемы применения и совершенствования подходов и методик оценки пожарного риска достаточно давно обсуждаются как в нашей стране [3–9], так и за рубежом [10–13]. В научном мире хорошо известно, что смена научных парадигм происходит при обязательном условии накопления “критической массы” противоречий в рамках старой парадигмы, поэтому абсолютно логичным представляется процесс выявления недостатков в действующей методике расчета рисков в общественных зданиях [14, 15]. Делать это нужно для того, чтобы в конечном счете перейти к новым, более совершенным методам и способам разработки проектных решений, а не обвинять разработчиков действовавших ранее нормативных документов в их неэффективности.

Необходимо отметить, что внесенные в методику расчета пожарного риска [14] изменения [15] вызвали у специалистов достаточно противоречивую реакцию. Это связано с тем, что, с одной стороны, эти изменения позволили увеличить количество по-

ложительных результатов при проведении расчета пожарного риска на относительно простых объектах, для которых действующими нормами не требуется устройство систем противодымной вентиляции или автоматического пожаротушения, а с другой — возникли новые логические противоречия.

Внесенные в методику изменения [15] касаются как методических основ расчета, так и непосредственно ряда расчетных формул. Больше всего вопросов вызывает учет требований нормативных документов при выборе коэффициентов, характеризующих системы автоматической противопожарной защиты (далее — системы АПЗ). Это вызвано тем, что создается ситуация, когда, с одной стороны, проектировщик путем расчета риска пытается обосновать вынужденные отступления от требований нормативных документов, а с другой — при его проведении ссылается на эти же нормативные документы. И вопрос может не ограничиваться только лишь требованиями СП 3.13130.2009 [16], СП 5.13130.2009 [17], СП 7.13130.2013 [18] и т. п., поскольку зачастую нормы по оценке необходимости оборудования объекта системами АПЗ пересекаются с требованиями к объемно-планировочным и конструктивным решениям. Например, согласно п. А.2 [17] под зданием может пониматься пожарный отсек, для выделения которого предусмотрен целый комплекс требований, которые необходимо выполнять вместе с требованиями СП [17], чтобы получить желаемый коэффициент, учитывающий наличие автоматической установки пожаротушения (АУП) на объекте. Отступление от самих требований СП [17] в части устройства автоматических систем становится невозможным, поскольку соответствующий коэффициент принимается равным 0,8 или 0,9 только в том случае, если установка *полностью* соответствует требованиям нормативных документов. Устройство же систем АПЗ, если это не требуется нормативными документами, например, в качестве компенсирующего мероприятия, вообще бессмысленно (за исключением случаев, когда это влияет на вероятность эвакуации людей), поскольку соответствующий коэффициент от этого не изменится и на расчетную величину пожарного риска не повлияет.

Кроме того, согласно [15] коэффициент $K_{ПДЗ}$, учитывающий соответствие системы противодымной защиты (ПДЗ) нормативным требованиям, принимается равным нулю, если здание не оборудовано требуемой нормативными документами по пожарной безопасности системой ПДЗ. Согласно ст. 2 Технического регламента [1] система противодымной защиты — это комплекс организационных мероприятий, объемно-планировочных решений, инженерных систем и технических средств, направленных на предотвращение или ограничение опасности за-

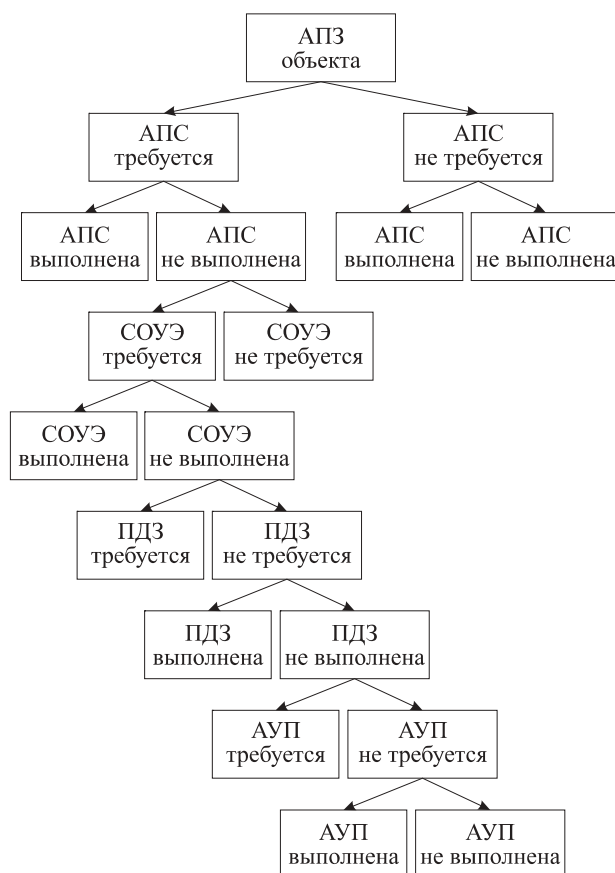
дымления зданий и сооружений при пожаре, а также воздействия опасных факторов пожара на людей и материальные ценности. Следовательно, объемно-планировочные решения, предусмотренные, например, СП 4.13130.2013 [19] и направленные на ограничение распространения продуктов горения, также должны быть учтены при выборе того или иного значения коэффициента $K_{ПДЗ}$.

Перечень противоречий может быть продолжен, однако, на субъективный взгляд автора, основной недостаток в действующей редакции методики расчета риска заключается в создании “иллюзии выбора”, т. е. декларируемая изначально система “гибкого нормирования” в действительности оказывается не такой уж и гибкой. Попробуем приблизительно оценить “гибкость” методики применительно к оборудованию зданий системами АПЗ.

Для проведения расчета, воспользовавшись методом дерева событий, схематично изобразим пример логических рассуждений для любого объекта (см. рисунок). Изображение схемы в полном объеме в рамках данной статьи не представляется возможным, поэтому на дереве событий показаны только два полных варианта сочетаний “требуется/не требуется” и “выполнено/не выполнено” в части оборудования объекта системами АПЗ. “Выполнено” означает, что данная система предусмотрена на объекте и соответствует требованиям нормативных документов. Остальные варианты могут быть выполнены по аналогии.

Таким образом, для каждого объекта получилось по 256 возможных сочетаний “требуется/не требуется” и “выполнено/не выполнено”. С учетом 16 вариантов объектов, для которых в методике [14, 15] содержатся справочные данные о частоте возникновения пожаров, получается 4096 вариантов сочетаний “требуется/не требуется” и “выполнено/не выполнено”. Из них количество ситуаций, когда хотя бы одна из систем требуется, но не выполнена, составляет 2896. Из этого числа доля ситуаций, когда расчетная величина пожарного риска соответствует нормативному значению, составляет всего порядка 26 % (!). Однако полученная величина учитывает все варианты указанных выше сочетаний “требуется/не требуется” и “выполнено/не выполнено”. Если же учесть, что:

- устройство автоматической пожарной сигнализации (АПС) и системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ) на рассматриваемых объектах в подавляющем большинстве случаев требуется нормативными документами;
- без устройства АПС и СОУЭ вероятность эвакуации будет равна нулю, если здание не состоит из одного помещения, где пожар может быть



Дерево событий

обнаружен всеми людьми без автоматических систем;

- обоснование, как правило, необходимо в случае отсутствия противодымной вентиляции (ПДВ) и/или АУП,

то результирующая вероятность того, что при отсутствии требуемых систем ПДВ и/или АУП величина пожарного риска будет соответствовать нормативному значению, существенно варьируется в зависимости от вида объекта. Основные результаты расчетов приведены в таблице.

Следует иметь в виду, что на данном этапе оценивается полный перечень возможных сочетаний “требуется/не требуется” и “выполнено/не выполнено”, поэтому некоторые варианты противопожарной защиты объекта могут быть в действительности неосуществимы. Например, без устройства АПС или АУП невозможен запуск СОУЭ и ПДВ в автоматическом режиме. В дальнейшем невыполнимые сочетания систем будут отсеяны.

В результате оказалось, что для половины объектов отступления в части устройства ПДЗ и/или АУП невозможны, даже если при проведении расчета получено максимально возможное значение вероятности безопасной эвакуации без устройства ПДЗ. Для остальных объектов эта величина колеблется от 0,3 до 0,4. В среднем доля случаев, когда

Основные результаты расчета вероятности соответствия величины пожарного риска требуемому значению при наличии отступлений в части устройства ПДЗ и АУП

Вид объекта	Вероятность	
	присутствия людей	соответствия пожарного риска требуемому значению
Общеобразовательные учреждения	0,33	0,3
Учреждения начального профессионального образования	0,50	0
Учреждения среднего профессионального образования	0,50	0
Прочие внешкольные и детские учреждения	0,50	0,3
Детские оздоровительные лагеря, летние детские дачи	1,00	0,4
Санатории, дома отдыха, профилактории, дома престарелых и инвалидов	1,00	0
Амбулатории, поликлиники, диспансеры, медпункты, консультации	1,00	0
Предприятия розничной торговли	0,50	0
Предприятия рыночной торговли	0,50	0,3
Предприятия общественного питания	0,33	0
Гостиницы, мотели	1,00	0
Спортивные сооружения	0,50	0,4
Клубные и культурно-зрелищные учреждения	0,50	0,3
Библиотеки	0,33	0,4
Музеи	0,33	0,3
Прочие здания (в том числе офисные)	0,33	0
Среднее значение		0,17

при использовании методики расчета пожарного риска [14, 15] для обоснования отсутствия ПДВ и/или АУП будет получено удовлетворительное значение пожарного риска, составляет около 17 %, что не позволяет говорить о “гибкости” нормирования. Полученное значение является приблизительным и может несколько варьироваться от 17 до 20 % в зависимости от вероятности присутствия людей на объекте.

Недостаточность разъяснений относительно применения коэффициентов, характеризующих наличие и работоспособность систем АПС в методике прежней редакции [14], затрудняла принятие решения в

случае частичной неработоспособности систем АПЗ на объекте. Однако, на субъективный взгляд автора, указанные изменения были вызваны упразднением именно дифференцированного подхода к оценке частоты возникновения пожара на объекте в целях исключения спекуляций с этим параметром, поскольку отследить и/или ограничить количество людей на объекте после проведения расчета риска достаточно сложно, даже если речь идет об учреждениях с определенным количеством постоянно присутствующих людей. В свою очередь, упразднение дифференцированного подхода к оценке вероятности возникновения пожара повлекло за собой еще более существенное противоречие, а именно равенство частоты возникновения пожара на однотипных объектах, несмотря на различие их количественных характеристик (этажности, площади пожарного отсека, общей площади, количества персонала и посетителей и т. п.). Так, например, в торговом павильоне площадью 50 м² и многоэтажном торговом центре частота возникновения пожара со вступлением в силу изменений к методике [15] принимается одинаковой, что объективно вызывает сомнения. Данная проблема в действующей редакции методики [14, 15] «решается» посредством применения нормативных документов, регламентирующих оборудование зданий системами АПЗ, которые, действительно, учитывают конкретные характеристики объекта. Однако таким способом нельзя устранить причину противоречия, а можно лишь несколько скорректировать нелогичный результат.

Проблему оценки систем пожарной автоматики при проведении расчета величины пожарного риска хотелось бы рассмотреть с точки зрения четырех основных аспектов:

- 1) выбора коэффициентов, характеризующих наличие установок пожарной автоматики, при дублировании функций;
- 2) выбора коэффициентов, учитывающих соответствие систем АПЗ требованиям нормативных документов, в зависимости от сочетания факторов «требуется/не требуется» и «выполнено/не выполнено»;
- 3) возможности отступления от требований СП 5.13.130.2009 [17], но при условии, что коэффициент, учитывающий соответствие систем АПЗ нормативным требованиям, принимается равным положительному значению, предусмотренному методикой [14, 15];
- 4) возможности того, что значения коэффициентов K , учитывающих соответствие систем АПЗ нормативным требованиям, принимаются положительными при условии, что системы АПЗ не в полной мере соответствуют требованиям нормативных документов.

Каждый из обозначенных аспектов рассмотрим подробнее.

1. Значения параметров $K_{обн}$, $K_{ап,i}$, $K_{соуэ}$ и $K_{пдз}$ принимаются положительными, если оборудование здания соответствующей системой не требуется. Согласно [17] выбор делается в пользу оснащения объекта только одной из систем — АУП или АПС. Следовательно, если на объекте необходимо и предусмотрено устройство АУП, то согласно [14, 15] параметр $K_{обн}$ принимается равным 0,8, а параметр $K_{ап}$ — 0,9. Таким образом, если здание общественного назначения согласно [17] оборудовано спринклерной АУП (наиболее распространенной на подобных объектах), то согласно [14, 15] параметр $K_{обн}$ должен приниматься равным 0,8, а коэффициент $K_{ап}$ — 0,9, хотя оценивается, по существу, наличие одной и той же установки, но двумя параметрами, имеющими разное числовое значение. И если в прежней редакции методики [14] итоговая формула для расчета пожарного риска и входящие в нее параметры имели ясный физический смысл, то после внесения в нее изменений [15] эта формула превратилась в произведение абстрактных параметров, принимаемых условно, что затрудняет ее применение в нестандартных ситуациях.

2. Проблема оценки наличия и работоспособности систем АПЗ может быть решена путем объединения подходов, предусмотренных методикой до и после изменений, а именно коэффициенты $K_{обн}$, $K_{ап,i}$, $K_{соуэ}$ и $K_{пдз}$ предлагается заменить на произведения $K_{обн}R_{обн}$, $K_{ап,i}R_{ап,i}$, $K_{соуэ}R_{соуэ}$ и $K_{пдз}R_{пдз}$ соответственно (где R — коэффициент, характеризующий вероятность надежной работы системы; принимается, как и в прежней редакции методики, равным 0,8 или 0,9).

При этом подход, предполагающий учет требований нормативных документов при проведении оценки необходимости устройства той или иной системы АПЗ, целесообразно заменить на дифференцированную оценку вероятности возникновения пожара, привязанную, например, к площади объекта (по аналогии с [20, 21]), которая косвенно связана и с количеством посетителей, и с количеством персонала, и т. д. В этом случае необходимость оборудования объекта системами АПЗ может быть обоснована исключительно расчетным путем. Кроме того, возврат к вероятности безотказной работы может способствовать тому, чтобы производители систем АПЗ, нацеленные на их совершенствование и повышение надежности, могли быть более конкурентоспособными по сравнению с участниками рынка, реализующими продукт более низкого качества по низкой цене. В этом случае применение более эффективных и надежных систем АПЗ, например систем обнаружения пожара, может стать компенсиру-

ющим решением, если будет обеспечена большая по сравнению с аналогами вероятность безотказной работы.

3. Действующая редакция методики [14, 15] любые отступления от нормативных документов, регламентирующих устройство систем АПЗ, трактует однозначно: соответствующий коэффициент принимается равным нулю. В то же время порядок рассуждений в этой ситуации может быть следующим. Если отступления от требований нормативных документов не препятствуют выполнению системой своих задач, предусмотренных требованиями п. 13.1.9, примечания к п. 13.5.1 СП 5.13130.2009 [17], ч. 1 ст. 51 Технического регламента [1] и т. д., то значение коэффициента может быть принято положительным, например, в том случае, если высота размещения пожарных извещателей или спринклерных оросителей не соответствует требованиям [17], но расчетным путем подтверждена возможность выполнения системой возлагаемых на нее задач. В условиях отсутствия механизма обоснования отступлений от требований СП 5.13130.2009 [17] непременно возникает противоречие со ст. 6 Технического регламента [1], которая данные отступления допускает.

4. Нередко на действующих объектах возникают спорные ситуации, связанные с умышленными и/или неумышленными нарушениями требований нормативных документов в части устройства систем АПЗ. С формальной точки зрения согласно [14, 15] представителям надзорных органов достаточно выявить даже незначительное отступление от норм в части устройства систем АПЗ и соответствующий коэффициент принять равным нулю, чтобы расчетная величина пожарного риска превысила нормативное значение. В этом случае любые расчеты пожарного риска и заключения о независимой оценке пожарного риска могут быть признаны несостоятельными. К сожалению, приходится признать, что

подобные “перегибы” на местах встречаются нередко. Ситуация, действительно, сложная, но в некоторой степени она может быть разрешена путем введения дополнительного значения для коэффициента, учитывающего соответствие систем АПЗ требованиям нормативных документов, в том числе с учетом п. 2, согласно которому коэффициенты $K_{обн}$, $K_{ап,i}$, $K_{соуэ}$ и $K_{пдв}$ следует принимать равными:

1 — если устройство системы АПЗ на объекте соответствует требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

0,9 — если в ходе проектирования, монтажа или эксплуатации автоматической системы допущены незначительные нарушения требований нормативных документов, в целом не влияющие на ее работоспособность;

0 — если здание не оборудовано данной системой либо при проектировании, монтаже или эксплуатации допущены существенные нарушения требований нормативных документов, не позволяющие в полном объеме выполнить задачи, возложенные на автоматическую систему.

Определенная доля условности в предложенном способе определения коэффициентов $K_{обн}$, $K_{ап,i}$, $K_{соуэ}$ и $K_{пдв}$, конечно, есть, но и она может быть сведена к минимуму при тщательной формулировке критериев выбора числового значения.

В заключение следует еще раз отметить, что данная статья ни в коей мере не является критикой в адрес разработчиков действующей методики [14, 15], а представляет собой попытку ведения конструктивного диалога в целях совершенствования столь востребованного сегодня механизма обоснования противопожарной защиты объектов различного назначения. Ведь возможность реализации идеи “гибкого нормирования” во многом зависит от совершенства ее основного инструмента — методики расчета величины пожарного риска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008; одобрен Сов. Федерации 11.07.2008 // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.
2. Коробко В. Б., Глуховенко Ю. М. “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”: первый опыт применения при проектировании и экспертизе проектной документации // Пожаровзрывобезопасность. — 2009. — Т. 18, № 4. — С. 4–12.
3. Шебеко Ю. Н., Шебеко А. Ю. Условия пожарной безопасности при определении допустимых параметров функционирования производственных объектов // Пожарная безопасность. — 2009. — № 4. — С. 61–66.
4. Светушенко С. Аудит пожарной безопасности. Специальные технические условия и расчет пожарного риска. Три сомнительных кита пожарной безопасности // Алгоритм безопасности. — 2011. — № 5. — С. 72–76.
5. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В. Об усовершенствовании “Технического регламента о требованиях пожарной безопасности” // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 3. — С. 9–17.

6. Бакиров И. К. Разработка метода оценки пожарных рисков твердых горючих веществ и материалов на производственных и складских объектах // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 9. — С. 35–41.
7. Седов Д. В. Вероятность спасения людей как фактор снижения индивидуального пожарного риска в общественных зданиях // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 7. — С. 28–31.
8. Корнилов А. А. Оптимизация системы противопожарной защиты объекта посредством дифференцированной оценки вероятности возникновения пожара // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 2. — С. 38–52.
9. Корнилов А. А. Требования к огнестойкости зданий — “традиция” или необходимость // Техносферная безопасность : интернет-журнал — 2014. — № 4. URL: <http://uigps.ru/http%3A//uigps.ru/content/soderzhanie-zhurnala-3> (дата обращения: 10.07.2015).
10. Yung D. Principles of fire risk assessment in buildings. — N. Y. : J. Wiley & Sons, 2008. — 227 p. DOI: 10.1002/9780470714065.
11. Rasbash D., Ramachandran G., Kandola B., Watts J., Law M. Evaluation of fire safety. — N. Y.: J. Wiley & Sons, 2004. — 479 p. DOI: 10.1002/0470020083.
12. Frantzich H. Uncertainty and Risk Analysis in Fire Safety Engineering // Rapport 1016. — Brandteknik, Lunds Universitet, Lund, 1998. — 206 p.
13. Karlsson B. & Larsson D. Using a Delphi Panel for Developing a Fire Risk Index Method for Multi-storey Apartment Buildings // Rapport 3114. — Brandteknik, Lunds Universitet, Lund, 2000. — 170 p.
14. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : утв. приказом МЧС России от 30.06.2009 № 382; введ. 30.06.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
15. О внесении изменений в методику определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденную приказом МЧС России от 30.06.2009 № 382 : утв. приказом МЧС России от 12.12.2011 № 749; введ. 26.05.2012. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2011.
16. СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности : утв. приказом МЧС России от 25.03.2009 № 173; введ. 01.05.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
17. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования : утв. приказом МЧС России от 25.03.2009 № 175; введ. 01.05.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
18. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности : утв. приказом МЧС России от 21.02.2013 № 116; введ. 25.02.2013. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
19. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям : утв. приказом МЧС России от 24.04.2013 № 288; введ. 29.07.2013. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2013.
20. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах : утв. приказом МЧС России от 10.07.2009 № 404; введ. 10.07.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
21. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов. — М. : ВНИИПО, 2012. — 242 с.

Материал поступил в редакцию 17 В.КЗ 2015 г.

Для цитирования: Корнилов А. А. Проблемы применения методики расчета пожарного риска при обосновании отступлений в части устройства систем автоматической противопожарной защиты зданий общественного назначения // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 10. — С. 59–66. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.59-66.

PROBLEMS OF APPLICATION OF METHODS OF CALCULATION OF FIRE RISK IN THE JUSTIFICATION OF THE DEROGATION OF THE DEVICE OF AUTOMATIC FIRE PROTECTION SYSTEMS OF PUBLIC BUILDINGS

KORNILOV A. A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Fire Automatics Department, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: kornilov_alexei1@mail.ru)

ABSTRACT

The problem of quantitative evaluation of possibilities of realization of dangerous effects for the people in the fire is an actual problem both in our country and abroad. With the introduction of the norms of “obligatory” and “voluntary” nature it has arisen the need to introduce a controller that allows in exceptional cases to derogate from the requirements of the standards while ensuring the safety of people. The method of calculation of fire risk has become by this regulator. The practice of application of methods of calculation of fire risk in buildings of public use revealed a number of shortcomings and contradictions, especially in the justification of the presence and absence of various systems automatic fire protection, which is quite natural and confirms the relevance of this mechanism among specialists. It is hard to overstate the role of systems of automatic fire protection in fire safety, however, the methodology provided a mechanism that takes into account their presence at the facility, unfortunately, often entails obtaining an incorrect result. This leads to the fact that the use of additional automatic fire protection systems becomes ineffective, and the rejection from at least one of these systems for a significant portion of the objects is not possible. With the aim of eliminating these drawbacks it has been proposed a number of changes in the method of calculation of individual fire risk in public buildings, permitting more correctly assess the need for automated fire safety systems.

Keywords: fire risk; methods for calculating fire risk; automatic fire protection system; derogation from the requirements of fire safety; Technical regulations on fire safety requirements.

REFERENCES

1. Technical regulations for fire safety requirements. Federal Law on 22.07.2008 No. 123. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 2008, no. 30 (part I), art. 3579 (in Russian).
2. Korobko V. B., Glukhovenko Yu. M. Tekhnicheskiy reglament o trebovaniyakh pozharnoy bezopasnosti: pervyy opyt primeneniya pri proektirovani i ekspertize proektnoy dokumentatsii [“Technical regulations about fire safety requirements”: first practice in projection and appraisal of project documentation]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2009, vol. 18, no. 4, pp. 4–12.
3. Shebeko Yu. N., Shebeko A. Yu. Usloviya pozharnoy bezopasnosti pri opredelenii dopustimyykh parametrov funktsionirovaniya proizvodstvennykh obyektoy [Fire safety conditions when determining the acceptable parameters of functioning of industrial objects]. *Pozharnaya bezopasnost — Fire Safety*, 2009, no. 4, pp. 61–66.
4. Svetushenko S. Audit pozharnoy bezopasnosti. Spetsialnyye tekhnicheskiye usloviya i raschet pozhar-nogo riska. Tri somnitelnykh kita pozharnoy bezopasnosti [Fire safety audit. Technical specification and calculation of fire risk. Three whale dubious fire safety]. *Algoritm bezopasnosti — Security Algorithm*, 2011, no. 5, pp. 72–76.
5. Brushlinskiy N. N., Sokolov S. V. Ob usovershenstvovani “Tekhnicheskogo reglamenta o trebovaniyakh pozharnoy bezopasnosti” [Improvement of “Technical regulation on the requirements of fire safety”]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 3, pp. 9–17.
6. Bakirov I. K. Razrabotka metoda otsenki pozharnykh riskov tverdykh goryuchikh veshchestv i materialov na proizvodstvennykh i skladskikh obyektoy [Working of the evaluation method of fire risks of solid combustible substances and materials of manufacturing and storage facilities]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 9, pp. 35–41.

7. Sedov D. V. Veroyatnost spaseniya lyudey kak faktor snizheniya individualnogo pozharnogo riska v obshchestvennykh zdaniyakh [Likelihood of saving people as a factor in reducing the individual fire risk in public buildings]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 7, pp. 28–31.
8. Kornilov A. A. Optimizatsiya sistemy protivopozharnoy zashchity obyektov posredstvom differentsirovannoy otsenki veroyatnosti vozniknoveniya pozhara [Optimization of system of fire-prevention protection of object by means of the differentiated assessment of probability of emergence of a fire]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 2, pp. 38–52.
9. Kornilov A. A. Trebovaniya k ognestoykosti zdaniy — “traditsiya” ili neobkhodimost [Requirements to fire resistance of buildings — “tradition” or the need]. *Tekhnosfernaya bezopasnost. Internet-zhurnal — Technosphere Safety. Internet-Journal*, 2014, no. 4. Available at: <http://uigps.ru/http%3A//uigps.ru/content/soderzhanie-zhurnala-3> (Accessed 10 July 2015).
10. Yung D. Principles of fire risk assessment in buildings. N. Y., J. Wiley & Sons, 2008. 227 p. DOI: 10.1002/9780470714065.
11. Rasbash D., Ramachandran G., Kandola B., Watts J., Law M. Evaluation of fire safety. N. Y., J. Wiley & Sons, 2004. 479 p. DOI: 10.1002/0470020083.
12. Frantzich H. Uncertainty and Risk Analysis in Fire Safety Engineering, Rapport 1016, Brandteknik, Lunds Universitet, Lund, 1998. 206 p.
13. Karlsson B. & Larsson D. Using a Delphi Panel for Developing a Fire Risk Index Method for Multi-storey Apartment Buildings, Rapport 3114, Brandteknik, Lunds Universitet, Lund, 2000. 170 p.
14. *Technique of determination of settlement sizes of fire risk in buildings, constructions and structures of various classes of functional fire danger*. Order of Emercom of Russia on 30.06.2009 No. 382. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009 (in Russian).
15. *Changes in Technique of determination of settlement sizes of fire risk in buildings, constructions and structures of various classes of functional fire danger, approved by order of MES of Russia dated 30.06.2009, No. 382*. Order of Emercom of Russia dated 12.12.2011 No. 749. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2011 (in Russian).
16. Set of rules 3.13130.2009. The fire protection system. System of notification and management of evacuation in case of fire. Fire safety requirements. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009 (in Russian).
17. Set of rules 5.13130.2009. The fire protection system. Installation of fire alarm and fire extinguishing. Standards and design rules. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009 (in Russian).
18. Set of rules 7.13130.2013. Heating, ventilation and conditioning. Fire safety requirements. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2013 (in Russian).
19. Set of rules 4.13130.2013. The fire protection system. Limiting the spread of fire on the subjects of protection. Requirements for space-planning and constructive solutions. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2013 (in Russian).
20. *Technique of determination of settlement sizes of fire risk on production objects*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009 (in Russian).
21. Manual for determining the design value of the fire risk for industrial facilities. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2012. 242 p. (in Russian).

For citation: Kornilov A. A. Problemy primeneniya metodiki rascheta pozharnogo riska pri obosnovanii otstupleniy v chasti ustroystva sistem avtomaticheskoy protivopozharnoy zashchity zdaniy obshchestvennogo naznacheniya [Problems of application of methods of calculation of fire risk in the justification of the derogation of the device of automatic fire protection systems of public buildings]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 10, pp. 59–66. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.59-66.

Д. А. КОРОЛЬЧЕНКО, канд. техн. наук, заведующий кафедрой комплексной безопасности в строительстве, Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: ICA_kbs@mgsu.ru)

А. Ф. ШАРОВАРНИКОВ, д-р техн. наук, профессор кафедры комплексной безопасности в строительстве, Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: ICA_kbs@mgsu.ru)

Н. А. ВЛАСОВ, аспирант кафедры комплексной безопасности в строительстве, Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: ICA_kbs@mgsu.ru)

УДК 614.84.664

ЭФФЕКТ ОГНЕПРЕГРАЖДЕНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ОГNETУШАЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОРОШКОВЫХ СОСТАВОВ

В экспериментах с использованием специально созданной установки получены зависимости удельного расхода порошка, а также времени тушения бензина, дизельного топлива и смеси бензина и дизельного топлива от интенсивности подачи порошка. Приведены оригинальная методика и последовательность выполнения эксперимента. Выделен сопутствующий тушению эффект — увлечение кислорода воздуха дисперсной струей порошка в зону горения, который способствует основному действию огнетушащего вещества — сьему тепла из зоны горения. Показано, что высокая эффективность действия дисперсной струи порошка объясняется высокой удельной площадью поверхности дисперсной системы. Выделен дополнительный механизм воздействия на пламя, приписываемый порошкам, — эффект огнепреграждения. Приведены количественные соотношения для оценки удельного расхода порошка и времени тушения пламени горючей жидкости. Анализ приведенных соотношений показывает наличие минимума на зависимости удельного расхода от интенсивности подачи порошка, что удовлетворительно согласуется с результатами экспериментов.

Ключевые слова: удельный расход огнетушащего порошка; эффект огнепреграждения; сопутствующий тушению эффект; дисперсность порошка; время тушения.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.67-74

Огнетушащее действие порошковых огнетушителей определяется огнетушащей способностью порошка и конструкцией порошкового огнетушителя.

Оценка сравнительной эффективности порошкового состава не может быть проведена с использованием готовых огнетушителей различных марок, поскольку они различаются способом подготовки порошковой дисперсии, режимом подачи и распыления порошка. Часто при маркировке указывается тип порошка и условное наименование, но химический состав порошка при этом остается неизвестным.

Огнетушащая эффективность порошков была исследована в ряде работ [1–4]. Общим выводом этих исследований является обнаруженная экстремальная зависимость удельного расхода порошка от интенсивности его подачи [1]. В работах [5, 6] предложено объяснение этого эффекта, который связывают с сопутствующим фактором — увлечением кислорода воздуха дисперсной порошковой струей в зону горения.

Поскольку публикации [1, 2] содержат только качественную информацию, то была поставлена задача выявить количественную взаимосвязь удельного расхода и интенсивности подачи порошка.

Получить экспериментальную зависимость удельного расхода порошка от интенсивности его подачи существующими методами, в которых используются готовые огнетушители, не представляется возможным. Поэтому для оценки огнетушащей способности порошкового состава была создана стендовая установка (рис. 1 и 2), в которой обеспечены одинаковая дисперсность при подготовке порошка, режим его подачи и распыления. Установка состоит из ротаметра 1, весов электронных с компенсацией веса 2, герметичной емкости 3, эластичной трубки диаметром 5–6 мм 4, распылителя 5, металлической емкости (горелка с горючей жидкостью) 7.

Для решения поставленной задачи была разработана специальная методика. В соответствии с ней подача порошка 8 на факел пламени осуществляет-

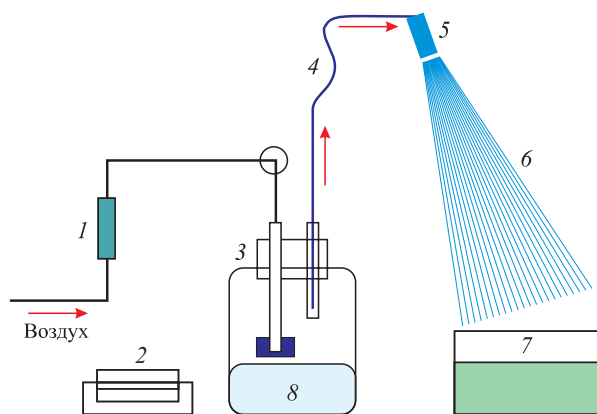


Рис. 1. Стендовая установка для определения сравнительной огнетушащей эффективности огнетушащих порошков



Рис. 2. Основные элементы установки для испытания огнетушащей способности порошка



Рис. 3. Взвешивание порции порошка

ся в виде струи 6 с дозированной концентрацией и прекращается в момент тушения пламени. Взвешиванием определяют убыль массы порошка, поданного на тушение (рис. 3). Обеспечить постоянство концентрации порошка сложно, поэтому измерения проводят многократно, и результаты всех измерений наносят на график зависимости удельного расхода порошка от интенсивности его подачи.

Струя порошка неоднородна в процессе тушения. Строго задать интенсивность подачи порошка



Рис. 4. Демонстрация свободной подачи порошковой струи при калибровке расходной характеристики распылителя

не представляется возможным, поэтому ее определяют по количеству порошка, истраченного во время тушения. Для обеспечения заданного интервала интенсивности подачи огнетушащего порошка постепенно увеличивают диаметр металлической горелки и стараются поддерживать постоянным секундный расход порошка.

Огнетушащая способность порошка характеризуется экспериментально полученной зависимостью времени тушения и удельного расхода порошка от интенсивности его подачи при тушении пламени горючей жидкости. Основным показателем огнетушащей способности порошка является его минимальный удельный расход, полученный при анализе экстремальной зависимости удельного расхода порошка от интенсивности его подачи.

Поскольку подача порошка в чистом виде по трубкам малого диаметра затруднена, предварительно готовится порошок определенной дисперсности, который затем подается с потоком воздуха в зону горения. Дисперсную струю порошка готовят непосредственно в процессе тушения пламени путем перемешивания посредством распыленной струи воздуха и простым встряхиванием порошка. Поскольку концентрация дисперсной системы неоднородна, то и состав порошковой струи, подаваемой в очаг горения, будет неоднородным (рис. 4). В связи с этим эксперименты по тушению повторяют несколько раз, а все результаты наносят на график зависимости времени тушения и удельного расхода порошка от интенсивности его подачи, которая рассчитывается делением расхода на площадь горящей жидкости в соответствии с диаметром горелки. Основная сложность заключается в обеспечении постоянства расхода порошка в процессе тушения пламени.



Рис. 5. Фрагменты процесса тушения пламени бензина огнетушащим порошком со средним размером частиц 110 мкм

Последовательность выполнения работы

По ротаметру 1 (см. рис. 1) предварительно определяли необходимый расход воздуха, который поддерживался в процессе тушения пламени. В герметичную емкость 3 помещали 100 г порошка 8, взвешивали и обнуляли показания весов. Емкость герметично закрывали пробкой с подводящими эластичными трубками 4. В металлическую горелку 7 заливали горючую жидкость так, чтобы высота свободного борта составляла $(2,0 \pm 0,5)$ см. Затем зажигали горючее в горелке 7 и засекали время свободного горения, которое должно составлять 1 мин. На 55-й секунде включали подачу воздуха и начинали встряхивать емкость с порошком с периодичностью порядка одно встряхивание в секунду.

Фрагменты процесса тушения пламени бензина огнетушащим порошком со средним размером частиц 110 мкм представлены на рис. 5. На втором фрагменте видно, как сильно увеличивается объем факела пламени при подаче струи порошка. Этот эффект связан с увлечением в зону горения дополнительного кислорода воздуха. В дальнейшем, по мере покрытия порошком горячей поверхности дизельного топлива, испарение углеводорода прекращается и пламя исчезает.

Для формирования дисперсной струи порошка воздух подавали в герметичную емкость через насадок с распылителем. Создаваемая при этом струя воздуха, движущаяся с высокой скоростью, перемешивала навеску порошка. Для предохранения от разрыва стеклянной банки из-за возможного нарушения крепления металлического насадка емкость помещали в матерчатый мешочек, который также предотвращал попадание порошка в воздух в случае ненадежного крепления крышки.

При тушении пламени струю порошка подавали в середину горелки с расстояния (50 ± 5) см под углом $45-55^\circ$.

Время тушения определяли с момента подачи струи порошка на горящую поверхность до полного прекращения горения. После тушения пламени

фиксируют время тушения, а затем открывали герметичную емкость, взвешивали оставшийся порошок и определяли потери его массы за счет расхода на тушение пламени. Опыт по тушению повторяли три раза, и все результаты заносили в таблицу, по результатам которой строили график зависимости времени тушения и удельного расхода порошка от интенсивности его подачи (рис. 6–9).

Эксперименты показали, что зависимость удельного расхода порошка от интенсивности подачи проходит через минимум, положение которого позволяет определить оптимальную интенсивность подачи порошка. Для тушения использовали огнетушащие порошки ОП-4 и “Вексон-25”. Огнетушащая эффективность порошка ОП-4 при тушении пламени бензина характеризуется минимальным удельным расходом $1,2 \text{ кг/м}^2$ и оптимальной интенсивностью подачи $0,5 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$.

Порошок использовали как непосредственно после приобретения, так и после дополнительного помола в электромиксере. Средний размер частиц порошка при этом менялся со 100–110 до 40–60 мкм. Повышение дисперсности порошка позволило снизить минимальный удельный расход его с 2,3 до

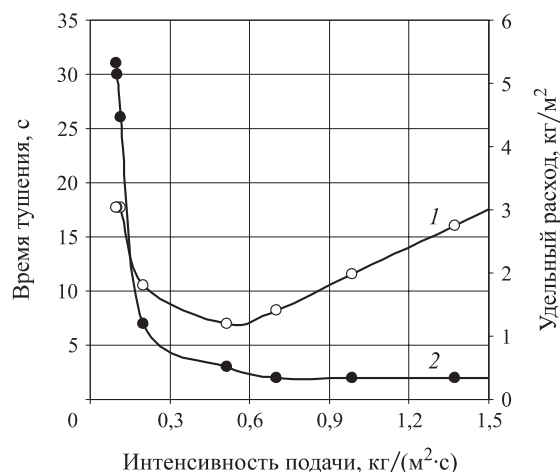


Рис. 6. Зависимость удельного расхода (1) и времени тушения пламени бензина (2) порошком ОП-6 со средним размером частиц 110 мкм от интенсивности его подачи

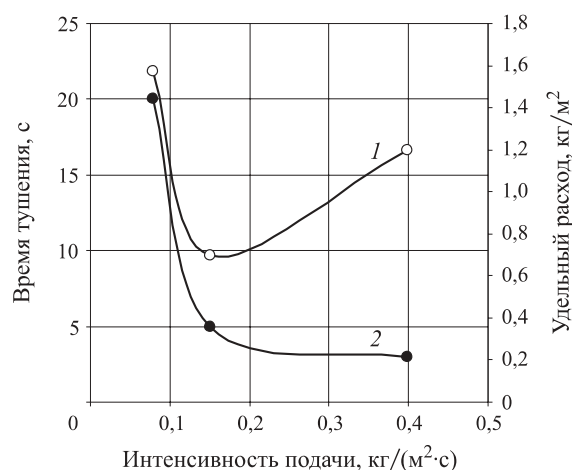


Рис. 7. Зависимость удельного расхода (1) и времени тушения пламени смеси дизельного топлива и бензина (10 % об.) (2) порошком “Вексон 25” со средним размером частиц 50 мкм (после дополнительного помола) от интенсивности его подачи

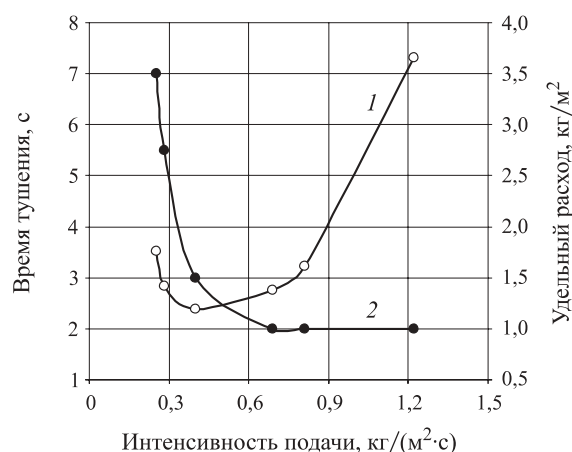


Рис. 8. Зависимость удельного расхода (1) и времени тушения пламени дизельного топлива (2) порошком “Вексон-25” со средним размером частиц 80–100 мкм от интенсивности его подачи

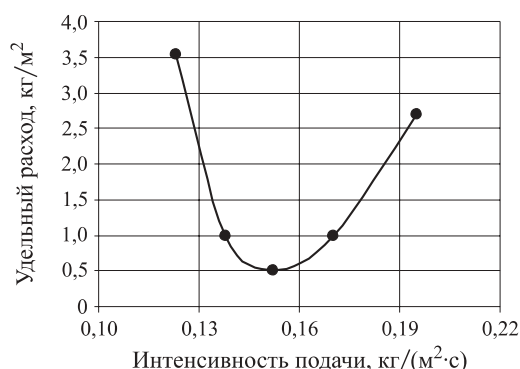


Рис. 9. Зависимость удельного расхода молотой смеси карбамида и бикарбоната натрия в соотношении 1:1 с размером частиц 40 мкм от интенсивности ее подачи при тушении бензина

0,7 кг/м², а оптимальную интенсивность — с 0,4 до 0,1 кг/(м²·с). Эти результаты показывают важную

роль, которую играет дисперсность частиц порошка в процессе тушения.

Учитывая эффективность известного состава, в котором используется смесь карбамида с содой, провели опыты по тушению пламени бензина приготовленной перед использованием композицией карбамид – сода в соотношении 1:1. Этот состав очень гигроскопичен, поэтому смесь готовили непосредственно перед испытаниями. Результаты испытаний представлены на рис. 9. На графике наблюдается явно выраженный минимум зависимости удельного расхода от интенсивности подачи порошка.

Увлечение воздуха дисперсной струей порошка является эффектом, сопутствующим основному действию огнетушащего вещества — съему тепла из зоны горения. По существу, одновременно протекают два процесса: первый — съем тепла, собственно тушение, а второй — повышение температуры в зоне горения и увеличение площади зоны тушения. Чем выше расход порошка, тем больше значимость второго фактора. Оптимальный режим тушения, при котором удельный расход вещества на тушение пламени минимален, определяется соотношением вклада эжекции воздуха и расхода тушащего вещества.

Тушение пламени газовыми, порошковыми, аэрозольными составами и распыленной водой целиком базируется на этой теории, хотя способы снижения температуры пламени и уменьшения скорости тепловыделения в единичном объеме достигаются по-разному, в зависимости от физических свойств огнетушащего состава, используемого для тушения пожара.

Закономерности тушения пламени с помощью огнетушащих порошков и аэрозольных составов имеют много общего с механизмом огнетушащего действия воды высокой степени дисперсности. Как и в случае с распыленной водой, основной механизм их огнетушащего действия концентрируется в зоне пламенного горения смеси паров горючего с кислородом воздуха, но имеются и отличительные моменты. Высокая эффективность действия распыленного порошка и аэрозоля объясняется высокой удельной площадью поверхности дисперсной системы. За счет высокоразвитой поверхности порошок быстро поглощает тепло, которое расходуется на нагревание и плавление твердых частиц.

Наряду с тепловым механизмом действия порошка, который во многом похож на действие распыленной воды и жидких фреонов, имеются дополнительные эффекты, которые рассматриваются только для высокодисперсных систем с высокой удельной площадью поверхностью.

Особое влияние порошка на газовую смесь проявляется в ингибировании химической реакции окисления молекул горючего кислородом воздуха.

В результате неполного сгорания молекул горючего выделяется пониженное количество тепла [7]. Так, при полном сгорании этилового спирта с образованием CO_2 выделяется 27760 кДж/кг, а при ингибирующем механизме воздействия, когда образуется преимущественно CO , — только 15456 кДж/кг [8].

Порошкам и аэрозолям приписывается еще один механизм воздействия на пламя — эффект огнепреграждения по аналогии с шахтерскими лампами, в которых прямой контакт пламени с наружным воздухом предотвращается с помощью тонкой металлической сетки [9]. Эффект огнепреграждения, приписываемый порошкам, по существу, также является результатом теплосъема из горящей газовой смеси. При прохождении через узкие каналы металлической сетки поток пламени резко остужается за счет съема тепла на поверхность сетки. Эффект огнепреграждения используется для предотвращения распространения пламени в системах газоулавливания в резервуарных парках, в которых часть резервуаров объединена трубопроводами [9–11]. Такая конструкция предотвращает выброс в атмосферу насыщенного пара нефтепродукта, вероятность которого высока при уменьшении свободного пространства в резервуаре во время его заполнения.

Таким образом, для огнетушащих порошков в качестве основного механизма огнетушащего действия могут рассматриваться три эффекта:

- теплосъем из зоны горения на нагревание и плавление частиц;
- ингибирование химической реакции горения;
- эффект огнепреграждения.

Кроме основных видов воздействия, дополнительно может рассматриваться воздействие порошка на поверхность горящего твердого горючего материала, которая покрывается слоем оплавленного порошка, разложение химического соединения на компоненты, а также влияние частично испарившейся массы порошка [12–16].

Особый случай представляет сопутствующий эффект, который возникает при тушении составами, способными “разрываться” в зоне горения на мелкие частицы. Такой эффект наблюдается при использовании в составе порошка мочевины — карбамида, который при попадании в зону с высокой температурой частично распадается на аммиак и угольную кислоту, что приводит к разрыву частиц на более мелкие. Данная технология очень удобна в применении, поскольку исходные частицы имеют крупные размеры и могут подаваться на большие расстояния [17, 18]. Однако составы порошков с карбамидом очень гигроскопичны и быстро слеживаются, поглощая влагу из атмосферы [19].

Детальный анализ перечисленных выше эффектов выявляет определяющую роль теплового фактора — поглощения тепла в различных ситуациях.

Механизм тушения пламени порошками не может быть сведен только к одному из выделенных ранее эффектов. Каждый из них вносит свой вклад в процесс тушения, поскольку трудно отделить механизм огнепреграждения объемной сеткой порошка от влияния развитой поверхности на процесс горения и полноту сгорания молекул горючего вещества.

Наиболее очевидным воздействием порошка на процесс окисления является изменение полноты сгорания углеводорода, что ведет к заметному снижению теплового эффекта реакции горения. По аналогии с огнетушащими хладонами — флегматизаторами горения [4] можно принять, что потухание пламени достигается, если в газовой смеси стехиометрического состава обеспечена концентрация порошка, достаточная для теплосъема по любому из перечисленных механизмов.

В работе [4] получены количественные соотношения для оценки расхода порошка на тушение Q (кг/м²) и времени тушения пламени горючей жидкости τ_t (с):

$$\tau_t = -\frac{h\rho_{\text{см}}}{u_0} \ln\left(1 - \frac{U_0}{J}\right), \quad (1)$$

где h — высота зоны горения, м;
 $\rho_{\text{см}}$ — плотность смеси, г/м³;

$$\rho_{\text{см}} = \varphi_T M / 22,4; \quad (2)$$

φ_T — тушащая концентрация, кг/м³;
 M — молярная масса горючего, кг/моль;
 U_0 — удельная скорость выгорания, кг/(м²·с);

$$u_0 = q\varphi_T / (\varphi_T S_0); \quad (3)$$

q — расход порошка, кг/с;
 φ_T — концентрация паров горючей жидкости, кг/м³;
 S_0 — площадь поверхности резервуара (горелки), м²;
 J — интенсивность подачи порошка, кг/(м²·с);
 $J = q/J_{\text{кр}}$.

Конечное соотношение для оценки зависимости времени тушения от интенсивности подачи порошка имеет вид:

$$\tau_t = -\frac{h\varphi_T^2 M}{22,4 J_{\text{кр}}} \varphi_T \ln\left(1 - \frac{q\varphi_T}{J_{\text{кр}} S_0}\right), \quad (4)$$

где $J_{\text{кр}}$ — критическая интенсивность подачи порошка, кг/(м²·с).

Расход порошка на тушение Q рассчитывается по формуле

$$Q = J\tau_t = (\beta J^2 + Jh_0) \ln(1 - U_0/J), \quad (5)$$

где β — коэффициент пропорциональности, определяемый эжектирующим действием частиц порошка, или коэффициент эжекции, $\text{м}^3 \cdot \text{с} / \text{кг}$;

h_0 — высота зоны горения до начала тушения, м.

Качественный анализ формулы (5) показывает наличие минимума на зависимости удельного расхода порошка от интенсивности его подачи, что удовлетворительно согласуется с результатами экспериментов.

Выводы

Проведенные экспериментальные исследования механизма тушащего действия порошков подтвердили наличие минимума на кривых, характеризующих зависимость удельного расхода порошка от интенсивности его подачи.

Наличие сопутствующего фактора — увлечения кислорода воздуха струей порошка является при-

чиной наличия экстремума на кривой зависимости удельного расхода порошка от интенсивности его подачи.

В первый момент подачи порошка происходит сильное увеличение факела пламени за счет вовлекаемого струей порошка кислорода воздуха. Процесс тушения пламени горючих жидкостей проходит через формирование изолирующего слоя порошка над горячей поверхностью, что приводит к снижению скорости испарения углеводорода и ликвидации горения за счет эффекта огнепреграждения.

Повышение дисперсности порошка дало возможность снизить минимальный удельный расход его с 2,3 до 0,7 $\text{кг} / \text{м}^2$, а оптимальную интенсивность подачи — с 0,4 до 0,1 $\text{кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Эти результаты показывают важную роль, которую играет дисперсность частиц порошка в процессе тушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nash P. The essentials of dry powder and gaseous extinguishing systems // Fire Prev. — 1977. — No. 118. — P. 21–45.
2. Шрайбер Г., Порст П. Огнетушащие средства. Химико-физические процессы при горении и тушении. — М.: Стройиздат, 1975. — 240 с.
3. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Тушение пламени огнетушащими порошками и аэрозольными составами // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 8. — С. 63–68.
4. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Анализ двойственного механизма тушения пламени // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 12. — С. 59–68.
5. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Универсальность механизмов тушения пламени различными огнетушащими веществами // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 11. — С. 84–88.
6. Шароварников А. Ф., Корольченко Д. А. Тушение горючих жидкостей распыленной водой // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 11. — С. 70–74.
7. Баратов А. Н., Андрианов Р. А., Корольченко А. Я., Михайлов Д. С., Ушков В. А., Филин Л. Г. Пожарная опасность строительных материалов / Под ред. А. Н. Баратова. — М.: Стройиздат, 1988. — 380 с.
8. Моделирование пожаров и взрывов / Под общ. ред. Н. Н. Брушлинского, А. Я. Корольченко. — М.: Пожнаука, 2000. — 482 с.
9. Трякина Н. П. Ацетиленовая шахтерская лампа // Памятники науки и техники в музеях России. Альбом. — М.: Государственный политехнический музей, 1996. — Вып. 2.
10. Стрижевский И. И., Заказнов В. Ф. Промышленные огнепреградители. — М.: Химия, 1974. — 264 с.
11. Авт. свид. 387718 СССР. МПК А62С 39/00. Огнепреградитель для резервуаров с горючими жидкостями / Абросимов Б. З., Вильдер С. И., Мамонтов Г. В., Бапоидзе П. Л., Шувалова Л. Н., Мацкин Л. А., Стрижевский И. И., Заказнов В. Ф. — № 1445894/23-26; заявл. 08.06.1970; опубл. 22.06.1973, Бюл. № 28.
12. Баратов А. Н., Возман Л. П. Огнетушащие порошковые составы. — М.: Стройиздат, 1982. — 72 с.
13. Hofman W. Beeinflussung der laminaren Flammengeschwindigkeit durch Alkalimetall-Salze // Chemie Ingenieur Technik. — 1971. — Vol. 43, Issue 9. — P. 556–560. DOI: 10.1002/cite.330430904.
14. Корольченко Д. А., Азатян В. В., Горшков В. И., Шебеко Ю. Н., Навценя В. Ю., Яшин В. Я. Основные факторы, определяющие воздействие газоаэрозольных огнетушащих составов на процессы горения // Пожаровзрывобезопасность. — 1997. — Т. 6, № 4. — С. 3–6.
15. Пат. 2153376 Российская Федерация. МПК А62D1/06. Способ получения пиротехнического аэрозольобразующего состава для тушения пожаров / Емельянов В. Н., Козырев В. Н., Корольченко Д. А., Сидоров А. И. — № 99104412/12; заявл. 15.03.1999; опубл. 27.07.2000, Бюл. № 2.

16. Корольченко Д. А. Тушение пожаров аэрозольными составами : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М., 1998.
17. Ульянов Н. И. Обоснование параметров струеобразующих устройств для подачи огнетушащих порошковых составов : дис. ... канд. техн. наук. — М. : АГПС МВД России, 2000. — 219 с.
18. Корольченко Д. А. Изменение характеристик горения горючей жидкости при тушении тонкораспыленной водой // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 5. — С. 79–80.
19. Гидрофобизация огнетушащих порошков : обзорная информация. — М. : ВНИИПО, 1983. — Вып. 6/82. — 16 с.

Материал поступил в редакцию 10 июля 2015 г.

Для цитирования: Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф., Власов Н. А. Эффект огнепреграждения при оценке огнетушащей способности порошковых составов // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 10. — С. 67–74. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.67-74.

English

EFFECT OF FIRE OBSTRUCT FOR ASSESSMENT OF FIRE EXTINGUISHING ABILITY OF POWDER STRUCTURES

KOROLCHENKO D. A., Candidate of Technical Sciences, Head of Department of Complex Safety in Construction, Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail address: ICA_kbs@mgsu.ru)

SHAROVARNIKOV A. F., Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of Complex Safety in Construction, Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail address: ICA_kbs@mgsu.ru)

VLASOV N. A., Postgraduate Student of Department of Complex Safety in Construction, Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail address: ICA_kbs@mgsu.ru)

ABSTRACT

Experimental dependences of the specific consumption of extinguishing powder, and also the time of suppression of gasoline, diesel fuel and mix of gasoline and diesel fuel from the powder flow rate received during tests with specially created installation are given. The original methodology of experiment is presented. The sequence of experimental processes is given. During extinguishing it was detected concurrent effect — entrainment of atmospheric oxygen by disperse stream of powder in combustion zone, accompanying the main action of fire extinguishing substance — removal of heat from combustion zone. It is shown that the high efficiency of action of powder disperse stream is explained by high specific surface area of a disperse system. It is detected that additional mechanism of impact on a fire, attributed to powders, is the flame arresting effect. Quantitative ratios for estimation of the powder specific consumption and the time of suppression of combustible liquid flame are given. The analysis of these ratios indicates the presence of a minimal dependence of the specific consumption from the powder flow rate that is in satisfactory agreement with experimental results.

Keywords: specific consumption of extinguishing powder; flame arresting effect; accompanying effect of extinguishing; dispersion of powder; time of extinguishing.

REFERENCES

1. Nash P. The essentials of dry powder and gaseous extinguishing systems. *Fire Prev.*, 1977, no. 118, pp. 21–45.
2. Shrayber G., Porst P. *Ognetushashchiye sredstva. Khimiko-fizicheskiye protsessy pri gorenii i tushenii* [Extinguishing media. Chemical-physical processes in combustion and extinguishing]. Moscow, Stroyizdat, 1975. 240 p.
3. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F. Tusheniye plameni ognetushashchimi poroshkami i aerezolnymi sostavami [Extinguishing of a flame by dry chemical powders and aerosol compositions]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 8, pp. 63–68.

4. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F. Analiz dvoystvennogo mekhanizma tusheniya plameni [Analysis of the dual fire suppression mechanism]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 12, pp. 59–68.
5. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F. Universalnost mekhanizmov tusheniya plameni razlichnymi ognnetushashchimi veshchestvami [Universality of mechanisms of fire suppression by various extinguishing agents]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 11, pp. 84–88.
6. Sharovarnikov S. A., Korolchenko D. A. Tusheniye goryuchikh zhidkostey raspylennoy vodoy [Extinguishing of combustible liquid by atomized water]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 11, pp. 70–74.
7. Baratov A. N., Andrianov R. A., Korolchenko A. Ya., Mikhaylov D. S., Ushkov V. A., Filin L. G. *Pozharnaya opasnost stroitelnykh materialov* [Fire danger of construction materials]. Moscow, Stroyizdat, 1988. 380 p.
8. Brushlinskiy N. N., Korolchenko A. Ya. (eds.). *Modelirovaniye pozharov i vzryvov* [Modeling of fires and explosions]. Moscow, Pozhnauka Publ., 2000. 482 p.
9. Tryakina N. P. Atsetilenovaya shakhterskaya lampa [Miner's acetylene lamp]. *Pamyatniki nauki i tekhniki v muzeyakh Rossii. Albom* [Relics of science and technology in Russian Museums. Album]. Moscow, State Polytechnical Museum Publ., 1996, issue 2.
10. Strizhevskiy I. I., Zakaznov V. F. *Promyshlennyye ognepregraditeli* [Industrial flame arrestors]. Moscow, Khimiya Publ., 1974. 264 p.
11. Abrosimov B. Z., Vilder S. I., Mamontov G. V., Bapoidze P. L., Shuvalova L. N., Matskin L. A., Strizhevskiy I. I., Zakaznov V. F. *Ognepregraditel dlya rezervuarov s goryuchimi zhidkostyami* [Flame arrestor for tanks with flammable liquids]. Copyright certificate no. 387718, 22.06.1973.
12. Baratov A. N., Vogman L. P. *Ognnetushashchiye poroshkovyye sostavy* [Fire extinguishing powder compounds]. Moscow, Stroyizdat, 1982. 72 p.
13. Hofman W. Beeinflussung der laminaren Flammengeschwindigkeit durch Alkalimetall-Salze. *Chemie Ingenieur Technik*, 1971, vol. 43, issue 9, pp. 556–560. DOI: 10.1002/cite.330430904.
14. Korolchenko D. A., Azatyan V. V., Gorshkov V. I., Shebeko Yu. N., Navtsenya V. Yu., Yashin V. Ya. Osnovnyye faktory, opredelyayushchiye vozdeystviye gazoerozolnykh ognnetushashchikh sostavov na protsessy goreniya [Main factors that determine the exposure of aerosol fire-extinguishing agents on combustion processes]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 1997, vol. 6, no. 4, pp. 3–6.
15. Emelyanov V. N., Kozyrev V. N., Korolchenko D. A., Sidorov A. I. *Sposob polucheniya pirotekhnicheskogo aerolobrazuyushchego sostava dlya tusheniya pozharov* [The method of producing of pyrotechnic aerosol forming agent for fire suppression]. Patent RU, no. 2153376, 27.07.2000.
16. Korolchenko D. A. Tusheniye pozharov aerololnymi sostavami: avtoref. dis. kand. tekhn. nauk [Suppression of fire by aerosol agents. Abstract of cand. tech. sci. diss.]. — M., 1998.
17. Ulyanov N. I. Obosnovaniye parametrov struyeobrazuyushchikh ustroystv dlya podachi ognnetushashchikh poroshkovykh sostavov. Dis. kand. tekhn. nauk [Substantiation of parameters of the jet-forming devices for supply of fire extinguishing powders. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, State Fire Academy of Ministry of the Interior of Russia Publ., 2000. 219 p.
18. Korolchenko D. A. Izmeneniye kharakteristik goreniya goryuchey zhidkosti pri tushenii tonkoraspylennoy vodoy [Changes in burning characteristics of the combustible liquid during suppression by finely atomized water]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 5, pp. 79–80.
19. Gidrofobizatsiya ognnetushashchikh poroshkov. Obzornaya informatsiya [Hydrophobization of fire extinguishing powders. Review]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia, 1983, issue 6/82. 16 p.

For citation: Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F., Vlasov N. A. Effekt ognnepregrazhdeniya pri otsenke ognnetushashchey sposobnosti poroshkovykh sostavov [Effect of fire obstruct for assessment of fire extinguishing ability of powder structures]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 10, pp. 67–74. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.67-74.

Е. В. ГАЙНУЛЛИНА, канд. техн. наук, доцент, доцент, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: helen_vaytner@mail.ru)

А. А. КРЕКТУНОВ, преподаватель кафедры организации надзорной деятельности, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: alexkrek@mail.ru)

И. М. ФОМИНЫХ, канд. техн. наук, доцент, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: fominyh.irina@mail.ru)

Т. В. ЯКУБОВА, канд. хим. наук, старший преподаватель, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22)

УДК 614.842.615

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ КРАТНОСТИ ОГНЕТУШАЩИХ ПЕН НА ОСНОВЕ СТАНДАРТНЫХ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК

Исследована возможность повышения кратности и устойчивости пен на основе крупнотоннажных недефицитных поверхностно-активных веществ (ПАВ) путем использования модифицирующих добавок. Выполнена оценка пенообразующих свойств растворов с модифицирующими добавками по кратности и устойчивости пены согласно ГОСТ Р 50588–2012. Для выбора оптимального количества добавок определена зависимость кратности пены от концентрации модифицирующей добавки. Установлены наиболее перспективные составы для приготовления пенообразователей на основе промышленных ПАВ и модифицирующих добавок, а именно пенообразователи на основе додецилсульфата натрия с добавкой изопропилового спирта (5 % об.) и этиленгликоля (15 % об.), а также пенообразователь ПО-6ТС с добавкой изопропилового спирта (5 % об.). Показана возможность использования добавок изопропилового спирта и этиленгликоля для продления срока службы пенообразователей и улучшения пенообразующих свойств стандартных растворов ПАВ.

Ключевые слова: воздушно-механические пены; поверхностно-активные вещества; пенообразователи; критическая концентрация мицеллообразования; кратность; устойчивость.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.75-80

Пена является одним из наиболее эффективных и распространенных огнетушащих веществ. Получение пены с заданным комплексом свойств — чрезвычайно важная прикладная проблема. Для оценки ее свойств, а значит, и пригодности для тех или иных целей, существует множество общих и специальных характеристик. Основные показатели пены — кратность, дисперсность и устойчивость во времени. Во многих случаях важны структурно-механические свойства, а также электропроводность и теплопроводность пены [1–4]. Кроме того, при борьбе с пожарами пены используют не только для тушения, но и для создания на пути движения пожара противопожарных заградительных полос и опорных линий, позволяющих предотвратить его дальнейшее распространение и тем самым защитить от огня, например, лесные массивы и населенные пункты. При этом наиболее важными представляются такие свойства пен, как стабильность и огнестойкость, т. е. способность сохраняться длительное время без значительного разрушения. Эти качества определя-

ются составом пенообразователя, используемого для приготовления пены. Для создания противопожарных пен применяют комбинацию ПАВ, обладающих как пенообразующим, так и стабилизирующим действием. При этом выбор веществ до настоящего времени осуществляется опытным путем.

Стандартные пенообразователи, используемые для получения огнетушащих пен, представляют собой концентрированные (25–30 % масс. в пересчете на активное вещество) водные растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ) с различными добавками, улучшающими свойства пены. Вид и качество пенообразователей, обеспечивающих необходимый технический уровень подразделений пожарной охраны при борьбе с пожарами, определяются государственными и международными документами [5–9]. Одним из важных свойств пенообразователей согласно данным стандартам является способность быстро разлагаться без вреда для окружающей среды [8, 10–12]. Основная задача современных исследований и производств — замена биологиче-

ски “жестких” пенообразователей на биологически “мягкие”, не загрязняющие окружающую среду. Стабильность при длительном хранении также является важным показателем качества пенообразователя. Согласно стандартам она должна быть не менее 5 лет, после чего пенообразователи теряют часть своих свойств, и кратность получаемых из них пен резко падает. Однако по данным ВНИИПО пришедшие в негодность пенообразователи или их растворы могут быть использованы повторно после восстановления их первоначальных свойств (регенерации) введением свежего пенообразователя или специальных добавок [1–4, 10]. В связи с этим проблема возможности улучшения свойств имеющихся пенообразователей, а также разработка альтернативных пенообразующих составов на основе биологически “мягких” ПАВ, позволяющих получить пену с более высокой кратностью и хорошей устойчивостью, а значит, с более высокой огнетушащей эффективностью, представляется весьма актуальной.

В качестве основы для пенообразующих растворов при проведении исследований были взяты стандартные биологически мягкие ПАВ различных классов, выпускаемые отечественной промышленностью [4–10]: анионное — додецилсульфат натрия и катионное — 1-гексадецилпиридинхлорид, а также пенообразователь ПО-6ТС. В качестве модифицирующих добавок на основании анализа имеющихся литературных данных и свойств веществ были выбраны следующие вещества: глицерин, этиленгликоль, этилацетат, бутилацетат, пропиловый спирт, изопропиловый спирт, бутиловый спирт, изобутиловый спирт, изоамиловый спирт, а также неорганические кислоты — соляная, серная и азотная. Все они массово производятся отечественной химической промышленностью и поэтому легкодоступны и имеют относительно невысокую стоимость. Пенообразующие составы на основе неорганических кислот хотя и обладают несколько более высокой коррозионной активностью, но широко используются в качестве специальных пенообразователей для тушения полярных горючих жидкостей, а также для тушения, изоляции и дегазации проливов токсичных веществ [2–4, 11–14].

Пенообразующие свойства растворов с модифицирующими добавками оценивались по кратности и устойчивости пены согласно ГОСТ Р 50588–2012 “Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний”. Лабораторные данные проверялись на стендовой установке “Термостенд–Пена” с применением пеногенератора [7, 9]. Рабочие растворы ПАВ были взяты в концентрациях, равных критической концентрации мицеллообразования (ККМ), которая предварительно была определена кондуктометрическим методом и для додецилсульфата натрия составила

0,01 моль/л (или 3 % масс.), а для 1-гексадецилпиридинхлорида — 0,05 моль/л (или 18 % масс.). Рекомендуемая в нормативно-технической литературе концентрация рабочих растворов пенообразователей чаще всего составляет 6 % масс. Проведенные исследования показали, что для пенообразователей на основе додецилсульфата натрия такая концентрация является чрезмерной для получения максимально возможного в данных условиях объема устойчивых пен, а в случае применения 1-гексадецилпиридинхлорида — недостаточной. В области концентраций, близких к ККМ, происходит завершение формирования адсорбционного слоя на межфазной границе *раствор – воздух*, и полученная из такого раствора пена будет обладать максимальной механической прочностью. При дальнейшем повышении концентрации ПАВ в растворе их пенообразующая способность будет снижаться, а вязкость среды — возрастать вплоть до потери текучести, поэтому необходимо определять ККМ для каждого конкретного пенообразователя.

На этапе первичной оценки из общего количества добавок для каждого ПАВ были выбраны вещества, наиболее эффективно повышающие кратность пены. Для выбора оптимального количества добавок была определена зависимость кратности пены от концентрации модифицирующей добавки.

При использовании в качестве пенообразователя додецилсульфата натрия наибольшее увеличение кратности пены наблюдается при добавлении в раствор глицерина, этиленгликоля, пропилового и изопропилового спиртов, этилацетата, а также соляной и азотной кислот (табл. 1). Остальные добавки повышают кратность пены незначительно по сравнению с контрольным вариантом, а добавление изоамилового спирта ведет даже к ее резкому снижению с 16,5 до 3,5. Пена, образованная из раствора с добавлением глицерина, неустойчива и разрушается в течение первых 2 мин. Следует также отметить, что пена, полученная из растворов с добавлением бутилацетата, изоамилового и бутилового спиртов, крайне быстро разрушается (в течение 1–3 мин), т. е. тоже является неустойчивой. Наиболее устойчивой оказалась пена, приготовленная с добавлением этилацетата и пропилового спирта. Добавление в пенообразующий раствор неорганических кислот также позволяет получить устойчивую пену.

Исследования влияния концентрации модифицирующих добавок на пенообразующую способность растворов ПАВ показали, что добавками, наиболее эффективно повышающими кратность и устойчивость пены на основе додецилсульфата натрия, являются пропиловый (5 % об.) и изопропиловый (1 % об.) спирты, этиленгликоль (15 % об.) и соляная кислота. Наиболее устойчивой является пена, полученная при добавлении этиленгликоля: в стеклянных цилиндрах

Таблица 1. Результаты определения кратности пенообразующих растворов с различными модифицирующими добавками

Добавка	Кратность пены K_p из пенообразователя на основе		
	додецил- сульфата натрия	1-гекса- децилпири- динхлорида	ПО-6
Контрольный вариант	16,5	11	16
Глицерин	27	12,3	27
Этиленгликоль	35	12,7	27
Этилацетат	25	13,3	25
Бутилацетат	22	1,9	6,3
Пропиловый спирт	33	14,7	26
Изопропиловый спирт	33	15,3	42
Бутиловый спирт	20	12,7	34
Изобутиловый спирт	19	9,3	21
Изоамиловый спирт	3,5	0,7	0
Соляная кислота	25	8,7	22
Серная кислота	18	8,7	19
Азотная кислота	28	2,7	19

она не разрушается более 30 мин. При добавлении азотной кислоты, этилацетата в любой концентрации и пропилового спирта в концентрации более 5 % об. пена разрушается в течение 5–7 мин, т. е. является неустойчивой и непригодной для нужд пожаротушения.

При использовании в качестве пенообразователя 1-гексадецилпиперидинхлорида наибольшее увеличение кратности пены наблюдается при добавлении в раствор изопропилового и пропилового спиртов и этилацетата (см. табл. 1). Добавки бутилового спирта, глицерина и этиленгликоля мало меняют кратность пены по сравнению с контрольным вариантом. Добавление неорганических кислот, изоамилового и изобутилового спиртов значительно снижает кратность пены по сравнению с исходным раствором (с 12 до 9–2). В случае применения изоамилового спирта пена практически не образуется. Пена, образованная из раствора с добавлением бутилацетата и изоамилового спирта, является крайне неустойчивой, разрушаясь в течение первых 2 мин. Малоустойчивой также является пена, полученная из растворов с добавлением изопропилового и бутилового спиртов: она разрушается в течение первых 5 мин после получения. Добавление в пенообразующий раствор неорганических кислот, особенно азотной, также не позволяет получить устойчивую пену. Наиболее устойчива пена, приготовленная с добавлением этиленгликоля и глицерина, однако данные добавки мало меняют кратность пены. Довольно высокую устойчивость (более 10 мин) пока-

зали пены, приготовленные с добавлением этилацетата и пропилового спирта.

Сравнительный анализ кратности и устойчивости полученных пен показал, что наиболее устойчивой является пена, полученная с добавлением этиленгликоля: в стеклянных цилиндрах она не разрушается более 20 мин. Как показали исследования, такая пена при добавлении 5 % об. этиленгликоля обладает и самой высокой кратностью. Добавление глицерина в различных концентрациях позволяет получить устойчивую пену, но увеличивать ее кратность глицерин способен только в больших концентрациях (20 % об.), что приводит к значительному увеличению вязкости растворов пенообразователей и делает их непригодными для нужд пожаротушения [1, 2, 10–15]. При добавлении пропилового спирта и этилацетата получают пену с одинаковой максимальной кратностью (20) и практически одинаковой устойчивостью, однако концентрация добавки пропилового спирта ниже, чем этилацетата (1 и 5 % об. соответственно), поэтому для дальнейших испытаний был выбран пропиловый спирт.

При использовании в качестве рабочего раствора пенообразователя ПО-6ТС наибольшее увеличение кратности пены наблюдается при добавлении в раствор изопропилового и бутилового спиртов (42 и 34 соответственно). Добавка и глицерина, и этиленгликоля повышает кратность пены в меньшей степени (до 27), но полученная при этом пена характеризуется очень высокой устойчивостью (см. табл. 1).

При добавлении неорганических кислот кратность повышается в наибольшей степени в присутствии соляной кислоты ($K_p = 22$), однако по сравнению с контрольным вариантом ($K_p = 16$) кратность пены увеличивается не столь значительно, как при внесении органических добавок. Добавление бутилацетата снижает кратность пены. Полученная пена является крайне неустойчивой, разрушаясь в течение первых 2 мин. В случае применения изоамилового спирта пена вообще не образуется.

Сравнительный анализ кратности и устойчивости пен на основе ПО-6ТС показал, что самой высокой кратностью характеризуются пены, полученные из растворов с добавлением изопропилового и бутилового спиртов в 5 %-ной концентрации (110 и 105 соответственно). При добавлении изопропилового спирта в более высоких концентрациях кратность пены, а также ее устойчивость во времени резко падают, а при увеличении содержания бутилового спирта в растворе последний вообще теряет свою пенообразующую способность.

Самой устойчивой является пена, полученная с добавлением этиленгликоля в любой концентрации: наибольшая кратность такой пены (40) наблюдается при использовании раствора с 5 %-ной добавкой вещества. Добавление глицерина в различных кон-

Таблица 2. Результаты испытания пенообразующих составов на установке “Термостенд–Пена”

Добавка	Высота слоя пены, см	Масса пены, кг	Кратность пены	Устойчивость пены, мин
<i>Додецилсульфат натрия</i>				
Пропиловый спирт (5 % об.)	48	0,700	71	12
Изопропиловый спирт (5 % об.)	65	0,670	101	15
Этиленгликоль (15 % об.)	52	0,590	92	13
<i>1-гексадецилпиридинхлорид</i>				
Пропиловый спирт (1 % об.)	31	0,134	24	5
Этиленгликоль (5 % об.)	40	0,121	32	7
<i>Пенообразователь ПО-6ТС</i>				
Бутиловый спирт (5 % об.)	32	0,925	35	9
Изопропиловый спирт (5 % об.)	65	0,820	81	15
Этиленгликоль (5 % об.)	56	1,015	57	8

центрациях также позволяет получить устойчивую пену, но увеличивать ее кратность глицерин способен только в больших концентрациях (20 % об.), что затрудняет его применение в пенообразующих композициях. Проанализировав полученные результаты, для дальнейших испытаний растворов на основе ПО-6ТС использовали изопропиловый и бутиловый спирты, а также этиленгликоль в концентрации 5 % об.

Испытаниями на стендовой установке определена зависимость кратности пены от концентрации модифицирующей добавки. Наиболее высокие показатели получены для пенообразующих композиций на основе додецилсульфата натрия с добавкой изопропилового спирта (5 % об.) и этиленгликоля (15 % об.), а также для пенообразователя ПО-6ТС с добавкой изопропилового спирта (5 % об.) (табл. 2).

Из данных растворов в лабораторных условиях получены пены наиболее высокой кратности (≈ 100) и максимальной устойчивости (12–15 мин), кото-

рые не только не уступают стандартным пенообразователям, но и превосходят некоторые из них [5–9]. Однако использование этиленгликоля в такой большой концентрации может привести к увеличению вязкости раствора, особенно при низких температурах, поэтому применение его может быть весьма ограничено. Добавление пропилового спирта к додецилсульфату натрия также позволяет значительно повысить кратность пены. Использование 1-гексадецилпиридинхлорида в качестве основы для пенообразователей нецелесообразно, так как кратность пены, полученной из его растворов, значительно ниже, чем при использовании додецилсульфата натрия и ПО-6ТС (24–32 и 57–100 соответственно), а полученные из этих растворов пены малоустойчивы (разрушаются через 5–8 мин). Кроме того, данное вещество требует большой концентрации даже в рабочем растворе (порядка 18 %), что может затруднить приготовление концентрированных пенообразователей и является экономически невыгодным.

Выводы

Показана возможность повышения кратности и устойчивости пен на основе крупнотоннажных не дефицитных ПАВ путем использования модифицирующих добавок. Исследованиями установлено, что наиболее перспективными являются пенообразователи на основе додецилсульфата натрия с добавкой изопропилового спирта (5 % об.) и этиленгликоля (15 % об.), а также пенообразователь ПО-6ТС с добавкой изопропилового спирта (5 % об.). Возможность применения в качестве основы для пенообразователя “биологически мягкого” ПАВ — додецилсульфата натрия, широко выпускаемого отечественной промышленностью, является перспективной альтернативой стандартным, трудно биохимически окисляемым пенообразователям, что соответствует общемировым тенденциям развития производства пенообразователей и смачивателей для нужд пожаротушения. Кроме того, показана возможность использования добавок изопропилового спирта и этиленгликоля для продления срока службы пенообразователей и улучшения пенообразующих свойств стандартных растворов ПАВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Залесов С. В. Обнаружение и тушение лесных пожаров : учеб. пособие. — Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. — 238 с.
2. Порядок применения пенообразователей для тушения пожаров : инструкция. — М. : ВНИИПО, 1996. — 59 с.
3. Андреев А. П., Герасимова И. Н. Пенообразующие составы для тушения, изоляции и дегазации проливов экологически опасных веществ // Пожаровзрывобезопасность. — 2005. — Т. 14, № 6. — С. 67–70.

4. Шароварников А. Ф., Салем Р. Р., Шароварников С. А. Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав. Свойства. Применение. — М. : Изд. дом “Калан”, 2006. — 362 с.
5. ISO 7203-3:1998. Огнетушащие вещества. Пенообразователи. Требования к низкократным пенообразователям, применяемым для тушения водонерастворимых жидкостей подачей сверху. — М. : Изд-во стандартов, 1999. — 27 с.
6. EN 1568-4:2000. Огнетушащие вещества. Пенообразователи. Требования к низкократным пенообразователям, применяемым для подачи на поверхность водорастворимых горючих жидкостей. Часть 4. Технические требования к концентратам с низким вспениванием для поверхностного применения к жидкостям, смешиваемым с водой. — М. : Изд-во стандартов, 2000. — 34 с.
7. ГОСТ Р 50588–2012. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний. — Введ. 01.09.2012. — М. : Стандартинформ, 2012. — 29 с.
8. ГОСТ Р 50595–93. Вещества поверхностно-активные. Методы определения биоразлагаемости в водной среде. — Введ. 01.01.1995. — М. : Изд-во стандартов, 1994. — 42 с.
9. ГОСТ 4.99–83. Система показателей качества продукции. Пенообразователи для тушения пожаров. Номенклатура показателей. — Введ. 01.07.1984. — М. : Изд-во стандартов, 1984. — 11 с.
10. Ланге К. Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение / Под науч. ред. Л. П. Зайченко. — СПб. : Профессия, 2007. — 240 с.
11. Demitri C., Giuri A., Raucci M. G., Giugliano D., Madaghiale M., Sannino A., Ambrosio L. Preparation and characterization of cellulose-based foams via microwave curing // Interface Focus. — 2014. — Vol. 4. — No. 1, art. ID 20130053. DOI: 10.1098/rsfs.2013.0053.
12. Лебедева Н. Ш., Малькова Е. А., Потемкина О. В., Малый И. А. Термоокислительная деструкция пенообразователей на основе солей алкилсульфатов // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 4. — С. 54–60.
13. Murray B. S. Stabilization of bubbles and foams // Current Opinion in Colloid & Interface Science. — 2007. — Vol. 12, Issue 4–5. — P. 232–241. DOI: 10.1016/j.cocis.2007.07.009.
14. Test report comparing some of the FF foams with AFFF foams / John Olav Ottesen. — Sweden, Dafo Fomtec AB, 2008.
15. Шариков А. В. Современные технологии тушения пожаров // Безопасность труда в промышленности. — 2011. — № 8. — С. 51–53.

Материал поступил в редакцию 17 июля 2015 г.

Для цитирования: Гайнуллина Е. В., Кректунов А. А., Фоминых И. М., Якубова Т. В. Исследование возможности повышения кратности огнетушащих пен на основе стандартных пенообразователей путем использования различных модифицирующих добавок // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 10. — С. 75–80. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.75-80.

English

STUDYING THE POSSIBILITY OF INCREASING THE MULTIPLICITY OF FIRE EXTINGUISHING FOAMS USING STANDARD FOAMING AGENTS THROUGH THE USE OF VARIOUS MODIFYING ADDITIVES

GAYNULLINA E. V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Chemistry and Processes of Burning, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: helen_vaytner@mail.ru)

KREKTUNOV A. A., Lecturer of Department of Supervisory Activities Organization, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: alexkrek@mail.ru)

FOMINYKH I. M., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Chemistry and Processes of Burning, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: fominyh.irina@mail.ru)

YAKUBOVA T. V., Senior Lecturer of Department of Chemistry and Processes of Burning, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation)

ABSTRACT

The possibility of increasing of the multiplicity and stability of foams based on large non-deficient surfactants by use of modifying additives was investigated. Foaming properties of solutions with modifying additives were evaluated in terms of multiplicity and stability of the foam according

to National Standard of Russian Federation 50588–2012 “Foaming agents for fire extinguishing. General technical requirements and test methods”. To select the optimum amount of additives the dependence of the multiplicity of foam from the concentration of the modifying additive was determined. The most promising compounds for the preparation of foaming agents on the basis of industrial surfactants and modifying additives were identified. On the result of research, these are based on the surfactant sodium dodecyl sulfate with the addition of isopropyl alcohol (5 % vol.) and ethylene glycol (15 % vol.), as well as foaming agent PO-6K and isopropyl alcohol (5 % vol.). The possibility of using additives of isopropyl alcohol and ethylene glycol to prolong the life of the foam and improve the foaming properties of standard solutions of surfactants is shown.

Keywords: air-mechanical foams; surface-active substances; foaming agents; critical micelle concentration; multiplicity; stability.

REFERENCES

1. Zalesov S. V. *Obnaruzheniye i tusheniye lesnykh pozharov* [Detection and suppression of forest fires]. Yekaterinburg, Ural State Forest Engineering University Publ., 2011. 238 p.
2. *Poryadok primeneniya penoobrazovateley dlya tusheniya pozharov. Instruksiya* [The order of foaming agents application for fire fighting. Manual]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 1996. 59 p.
3. Andreev A. P., Gerasimova I. N. Penobrazuyushchiye sostavy dlya tusheniya, izolyatsii i degazatsii protiv ekologicheskoy opasnykh veshchestv [Foam compounds for extinguishing, isolation and degassing of ecologically hazardous substances]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2005, vol. 14, no. 6, pp. 67–70.
4. Sharovarnikov A. F., Salem R. R., Sharovarnikov S. A. *Penoobrazovateli i peny dlya tusheniya pozharov. Sostav. Svoystva. Primeneniye* [Foam concentrates and fire extinguishing foams. Structure. Properties. Application]. Moscow, Kalan Publ. House, 2006. 362 p.
5. *Interstate standard ISO 7203-3:1998. Fire extinguishing media. Foam concentrates. Specification for low-expansion foam concentrates for top application to water-miscible liquids*. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1999. 27 p. (in Russian).
6. *EN 1568-4:2000. Fire extinguishing media. Foam concentrates. Specification for low expansion foam concentrates for surface application to water-miscible liquids*. Moscow, Izdatelstvo standartov, 2000. 34 p. (in Russian).
7. *National Standard of Russian Federation 50588–2012. Foaming agents for fire extinguishing. General technical requirements and test methods*. Moscow, Standartinform Publ., 2012. 29 p. (in Russian).
8. *State Standard of Russian Federation 50595–93. Surface active agents. Method for determination of biodegradability in aqueous medium*. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1994. 42 p. (in Russian).
9. *State Standard of Union of SSR 4.99–83. System of product quality indexes. Foaming agents for fire extinguishing. Nomenclature of indexes*. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1984. 11 p. (in Russian).
10. Lange K. P. *Poverkhnostno-aktivnyye veshchestva: sintez, svoystva, analiz, primeneniye* [Surfactants: synthesis, properties, analysis, application]. Saint Petersburg, Professiya Publ., 2007. 240 p.
11. Demitri C., Giuri A., Raucci M. G., Giugliano D., Madaghiele M., Sannino A., Ambrosio L. Preparation and characterization of cellulose-based foams via microwave curing. *Interface Focus*, 2014, vol. 4, no. 1, art. ID 20130053. DOI: 10.1098/rsfs.2013.0053.
12. Lebedeva N. Sh., Mal'kova E. A., Potemkina O. V., Malyi I. A. Termookislitel'naya destruktivnaya penoobrazovateley na osnove soley alkilsulfatov [Thermooxidizing destruction of foamers based on salts of alkylsulfates]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 4, pp. 54–60.
13. Murray B. S. Stabilization of bubbles and foams. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 2007, vol. 12, issue 4–5, pp. 232–241. DOI: 10.1016/j.cocis.2007.07.009.
14. John Olav Ottesen. *Test report comparing some of the FF foams with AFFF foams*. Sweden, Dafo Fomtec AB, 2008.
15. Sharikov A. V. *Sovremennyye tekhnologii tusheniya pozharov* [State of the art technologies for fire-fighting]. *Bezopasnost truda v promyshlennosti — Occupational Safety in Industry*, 2011, no. 8, pp. 51–53.

For citation: Gaynullina E. V., Krektunov A. A., Fominykh I. M., Yakubova T. V. Issledovaniye vozmozhnosti povysheniya kratnosti ognetyashchikh pen na osnove standartnykh penoobrazovateley putem ispolzovaniya razlichnykh modifitsiruyushchikh dobavok [Studying the possibility of increasing the multiplicity of fire extinguishing foams using standard foaming agents through the use of various modifying additives]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 10, pp. 75–80. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.75-80.

**ВОПРОС:**

В ст. 19 “Технического регламента о требованиях пожарной безопасности” (Федер. закон от 22.07.2008 № 123 (далее — ФЗ 123)) указано, что взрывоопасные зоны классов 20, 21 и 22 — это зоны, в которых могут выделяться горючие пыли или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения (НКПВ) 65 г/м³ и менее. Эти зоны отличаются друг от друга только местом, частотой и длительностью присутствия в них горючих пылей или волокон.

Как известно, НКПВ, равный 65 г/м³, в СССР 50–80-х годов являлся критерием, по которому все горючие пыли делились на пожароопасные и взрывоопасные.

По классификации зон, приведенной в “Правилах устройства электроустановок” 6-го изд. (ПУЭ-6), к взрывоопасным относятся зоны классов В-II и В-IIa, в которых НКПВ, составляющий 65 г/м³, отсутствует. При этом по ПУЭ-6 в определении пожароопасной зоны класса П-II для горючих пылей или волокон с НКПВ, превышающим 65 г/м³, последние относятся к пожароопасным. В ст. 18 ФЗ 123 имеется определение взрывоопасной зоны класса П-II, в котором НКПВ для пылей и волокон уже не указывается.

В связи с этим возникает вопрос, может ли являться на сегодняшний день НКПВ, равный 65 г/м³, критерием, разделяющим горючие пыли или волокна на пожароопасные и взрывоопасные?

ОТВЕТ:

Критерий, указанный в ст. 19 ФЗ 123 [1] для обозначения горючих (пожароопасных) пылей, а именно НКПВ, равный 65 г/м³, является необоснованным.

Еще в СНиП 2.09.02–85* [2] и ОНТП 24–86 [3] при категорировании помещений этот критерий для оценки пожаровзрывоопасности горючих пылей был исключен (в СНиП II-90–81 [4] НКПВ, равный 65 г/м³, еще использовался для определения категорий производств Б и В). Причиной тому послужил ряд взрывов в промышленности, в которых в качестве горючих веществ выступали пыли с НКПВ выше 65 г/м³.

Кроме того, в международной практике отсутствует какое-либо разделение пылевых сред на пожароопасные и взрывоопасные. Известно лишь, что по международным и национальным стандартам ряда зарубежных стран к взрывоопасной пыли относятся частицы твердых горючих веществ размером менее 200 мкм с НКПВ от 20 до 70 г/м³ [5]. В ГОСТ ИЕС 60079-10-2–2011 [6] к горючей пыли относятся твердые частицы размером 500 мкм и менее без указания возможных concentra-

ционных пределов их воспламенения. Такой подход является более конструктивным, так как оценку пожаро- и взрывоопасности пылей необходимо осуществлять одновременно по нескольким критериям, которых насчитывается более 10. Для пыли, находящейся в осевшем состоянии, пожаровзрывоопасность оценивают по температурам вспышки, воспламенения, самовоспламенения, тления и т. д.; для пыли во взвешенном состоянии — по НКПВ, максимальному давлению взрыва, скорости нарастания давления взрыва и т. д. Исходя из этого, анализ помещений с наличием пылей сводится к количественной оценке показателей опасности веществ и особенностей их использования в технологическом процессе.

Из этого следует, что одного критерия (НКПВ) для оценки пожаровзрывоопасности пылей недостаточно, а величина НКПВ, равная 65 г/м³, не может быть определяющей в делении горючих пылей на пожароопасные и взрывоопасные. Следовательно, указание данного критерия в ст. 19 ФЗ 123 [1] является ошибочным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (в ред. от 23.06.2014) : Федер. закон РФ от 22.07.2008 № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008; одоб. Сов. Федерации 11.07.2008 // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.
2. СНиП 2.09.02–85*. Производственные здания : утв. постановлением Госстроя СССР от 30.12.1985 № 287 (в ред. от 31.03.1994). — М. : Минстрой России, ГП ЦПП, 1995.
3. ОНТП 24–86 (МВД СССР). Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. — Введ. 01.01.1987. — М. : МВД СССР, 1987.
4. СНиП II-90–81. Производственные здания промышленных предприятий : утв. постановлением Госстроя СССР от 07.12.1981 № 202 (в ред. от 30.11.1982). — М. : Стройиздат, 1982.
5. Рекомендации по устройству электроустановок во взрывоопасных зонах газовой промышленности. — Вып. 1. — Введ. 21.09.1999. — М. : ОАО “Газпром”, 1999.
6. ГОСТ ИЕС 60079-10-2–2011. Взрывоопасные среды. Часть 10–2. Классификация зон. Взрывоопасные пылевые среды. — Введ. 15.02.2013. — М. : Стандартинформ, 2014.

Ответ подготовили сотрудники кафедры специальной электротехники, автоматизированных систем и связи Академии ГПС МЧС России: канд. техн. наук, профессор, академик НАНПБ В. Н. ЧЕРКАСОВ; старший преподаватель А. С. ХАРЛАМЕНКОВ (e-mail: h_a_s@live.ru)

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Вы можете присылать свои вопросы на электронную почту издательства (info@fire-smi.ru), и специалисты в области пожарной безопасности дадут Вам на них исчерпывающие и квалифицированные ответы.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ!

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

Редакция просит авторов при подготовке рукописи руководствоваться изложенными ниже правилами.

1. Статья и сопутствующие ей материалы должны быть направлены в редакцию в электронном виде по электронному адресу (info@fire-smi.ru), а также в бумажном виде по почте (121352, Российская Федерация, г. Москва, а/я 43). Статья должна быть ясно изложена, тщательно отредактирована и подписана всеми авторами.

2. Материал статьи должен излагаться в следующем порядке.

2.1. Номер УДК (универсальная десятичная классификация).

2.2. Заглавие статьи (на русском и английском языках). Заглавия научных статей должны быть информативными; в них можно использовать только общепринятые сокращения. В переводе заглавий статей на английский язык недопустимы транслитерации с русского языка, кроме непереводаемых названий собственных имен, приборов и других объектов, имеющих собственные названия, а также непереводаемый сленг, известный только русскоговорящим специалистам. Это также касается аннотаций, авторских резюме и ключевых слов.

2.3. Информация об авторах.

2.3.1. Имена, отчества и фамилии всех авторов. Они должны приводиться полностью на русском языке и в транслитерации в соответствии с системой Госдепартамента США, которая в настоящее время является наиболее распространенной (<http://fotosav.ru/services/transliteration.aspx>). Авторами являются лица, принимавшие участие во всей работе или в ее главных разделах. Лица, участвовавшие в работе частично, указываются в сносках.

2.3.2. Ученые степени, звания, должность, место работы всех авторов с полным юридическим адресом (на русском и английском языках). Здесь необходимо указать: полное официальное название организации, индекс, страну, город, название улицы, номер дома, а также контактные телефоны и электронный адрес всех или хотя бы одного из авторов. При этом не следует приводить составные части названий организаций, обозначающие принадлежность ведомству, форму собственности, статус организации (например, “Учреждение Российской академии наук...”, “Федеральное государственное унитарное предприятие...”, “ФГОУ ВПО...” и т. п.), что затрудняет идентификацию организации. Обращаем Ваше внимание, что при переводе необходимо указывать официально принятое название организации на английском языке. Все почтовые сведения (кроме наименования улицы, которое должно быть в транслитерированном виде) должны быть также переведены на английский язык, в том числе название города и страны.

Пример: Institute for Problem in Mechanics, Russian Academy of Sciences (Vernadskogo Avenue, 101, Moscow, 119526, Russian Federation).

2.4. Аннотация на русском языке (не менее 4–5 предложений).

2.5. Расширенное резюме на русском и английском языках. Необходимо иметь в виду, что авторские резюме на английском языке в русскоязычном издании являются для иностранных ученых и специалистов основным и, как правило, единственным источником информации о содержании статьи и об изложенных в ней результатах исследований. Поэтому авторское резюме должно быть:

- информативным (не содержать общих слов);
- оригинальным (не быть калькой с русскоязычной аннотации с дословным переводом);
- содержательным (отражать существенные результаты работы; не должно включать материал, который отсутствует в основной части публикации);
- структурированным (т. е. следовать логике описания результатов в публикации);
- “англоязычным” (написанным качественным английским языком, без использования программ автоматизированного перевода);
- объем текста авторского резюме должен быть не менее 150–200 слов.

Приветствуется структура резюме, повторяющая структуру статьи и включающая введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение (выводы). Однако предмет, тема, цель работы указываются в том случае, если они неясны из заглавия статьи. Метод или методологию проведения работы целесообразно описывать в том случае, если они отличаются новизной или представляют интерес с точки зрения данной работы.

Результаты работы следует описывать предельно точно и информативно. При этом приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, установленные взаимосвязи и закономерности.

Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, гипотезами, описанными в работе.

Сведения, содержащиеся в заглавии статьи, не должны повторяться в тексте авторского резюме.

Текст должен быть связным; излагаемые положения должны логично вытекать один из другого.

Сокращения и условные обозначения, кроме общеупотребительных, следует применять в исключительных случаях или давать их расшифровку и определение при первом употреблении в авторском резюме.

В авторское резюме не рекомендуется включать схемы, таблицы, иллюстрации, формулы, а также ссылки на публикации, приведенные в списке литературы к статье.

2.6. Ключевые слова на русском и английском языках (не менее 5 слов или словосочетаний). Указываются через точку с запятой. Недопустимо в качестве ключевых слов использовать термины общего характера (например, проблема, решение и т. п.), не являющиеся специфической характеристикой публикации.

2.7. Текст статьи. Текст должен быть набран через 1,5 интервала и предоставляться в формате Word. Формулы должны быть набраны в Microsoft Equation или MathType.

Цитируемый текст из других публикаций следует брать в кавычки.

Если представленные в статье исследования выполнены авторами при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Российского научного фонда, Министерства образования и науки Российской Федерации и др., то в конце статьи обязательно следует дать информацию об этом с указанием номера и названия гранта (научного проекта, госконтракта и т.п.).

Сокращения и условные обозначения физических величин в тексте статьи должны соответствовать действующим международным стандартам. Формулы и буквенные обозначения должны быть четкими и ясными. Все буквенные обозначения, входящие в формулы, должны быть расшифрованы с указанием единиц измерения. Размерность всех характеристик должна соответствовать системе СИ.

Иллюстрации в электронной 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 следует предоставлять в формате той программы, в которой они созданы, либо напечатать PDF-файл из этой программы. Все иллюстрации должны иметь сквозную нумерацию. Чертежи и карты в качестве иллюстраций не приемлемы. Ссылки на все рисунки в тексте обязательны.

Таблицы должны быть составлены лаконично и содержать только необходимые сведения; однотипные таблицы следует строить одинаково. Цифровые данные необходимо округлять в соответствии с точностью эксперимента. Сведения в таблицах и на рисунках не должны повторяться. Ссылки на все таблицы в тексте обязательны.

2.8. Пристатейные списки литературы на русском языке и языке оригинала (если книга переводная).

Список литературы должен включать библиографические сведения обо всех публикациях, упоминаемых в статье, и не должен содержать указаний на работы, на которые в тексте нет ссылок. Литература должна быть оформлена в виде общего списка в порядке упоминания. В тексте ссылка на литературу отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. 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.

В описании источников необходимо указывать всех авторов.

Список литературы должен содержать не менее 10 источников (не включая в это число нормативные документы, патенты и т. п.), в том числе не менее 3 иностранных. Выполнение данного требования будет свидетельствовать о том, что авторы используют предыдущие научные достижения в необходимой мере.

Не менее половины источников должны быть включены в один из ведущих индексов цитирования: Российский индекс научного цитирования eLibrary, Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, MathSciNet, Springer и др. В случае присвоения публикации цифрового идентификатора объекта (DOI) его необходимо указать, что позволит однозначно идентифицировать объект в базах данных.

Состав источников должен быть актуальным и содержать не менее 5 современных (не старше 10 лет) статей из научных журналов или других публикаций.

В списке литературы не должно быть более 30 % источников, автором либо соавтором которых является автор статьи.

Следует обратить внимание на публикации диссертаций (особенно докторских), защищенных в последние годы по ближайшей научной специальности или группе специальностей. Для поиска рекомендуется использовать ресурс <http://www.disserscat.com>.

2.9. References (пристатейные списки литературы в транслитерации (на латинице) и на английском языке). Представление в References только транслитерированного (без перевода) описания недопустимо.

При переводе русскоязычного источника (книги, монографии, диссертации, электронного ресурса и пр.) приводится транслитерация фамилий и инициалов авторов, транслитерация названия источника и в квадратных скобках его перевод на английский язык, год, место издания, название издательства, количество страниц. Место издания должно быть указано на английском языке (Moscow, Saint Petersburg и т. п.). Транслитерированное название издания выделяется курсивом.

Если приводится русскоязычная статья в журнале, то, помимо транслитерации названия статьи и его перевода на английский язык, указанного в квадратных скобках, необходимо дать официальную английскую версию названия журнала (перевод обычно есть на сайте журнала). Если ее нет, то приводится обычная транслитерация. Указывается также год издания, том, номер выпуска, страницы статьи. Название издания выделяется курсивом.

Примеры описаний в References можно найти на сайте издательства (www.fire-smi.ru).

На сайте издательства Emerald даны достаточно подробные рекомендации по составлению пристатейных списков литературы по стандарту Harvard (Harvard Reference System) практически для всех видов публикаций (<http://www.emerald-insight.com/authors/guides/write/harvard.htm?part=2>), а также программные средства для их формирования.

3. К статьям следует прилагать рецензию стороннего специалиста (т. е. он не должен быть связан с местом работы (учебы) авторов статьи), которая должна быть подписана рецензентом (с указанием его Ф. И. О., ученого звания, ученой степени, должности, места работы), заверена отделом кадров (ученым секретарем) и печатью. Все рецензенты должны являться признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и иметь в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи. Обращаем Ваше внимание, что рецензент не должен входить в Редакционный совет нашего журнала.

4. Непринятые к публикации статьи автору не возвращаются. Просьба редакции о переработке материала не означает, что он принят к печати.

5. Не допускается направление в редакцию работ, которые были опубликованы и/или приняты к печати в других изданиях.



ISSN 0869-7493

Открыта
подписка
на журнал

2016

ПОЖАРОВЗРЫВО-

БЕЗОПАСНОСТЬ



По вопросам подписки
просьба обращаться
по тел.: (495) 228-09-03,
8-909-940-01-85 или
по e-mail info@fire-smi.ru

- Стоимость подписки на 1-е полугодие 2016 г. (6 номеров) — 5700 руб.
- Стоимость годовой подписки (12 номеров) — 11400 руб.

ПОДПИСКА ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ:

- через ООО "Издательство "Пожнаука";
- через агентство "РОСПЕЧАТЬ", индекс 81913 (полугодовой), 70753 (годовой);
- через агентство "АПР", индекс 83647 (полугодовой), 90121 (годовой) (в любом почтовом отделении в каталоге "Газеты и журналы");
- через подписные агентства: ООО "Урал-Пресс", ООО "Информнаука".



ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Московский государственный
строительный университет

Научно-
исследовательские
и сертификационные
испытания:

- ♦ строительных материалов;
- ♦ строительных конструкций;
- ♦ огнезащитных составов;
- ♦ кабельных изделий;
- ♦ пенообразователей;
- ♦ фасадных систем.

Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.21AM09 от 24.06.2014 г.

Контакты:

Тел.: (495) 662-69-70

e-mail: ikbs@mgsu.ru

www.ikbs-mgsu.ru