

5-2013

ПОЖ Издательство
НАУКА

ПОЖАРОВЗРЫВО-

БЕЗОПАСН  **СТЬ**

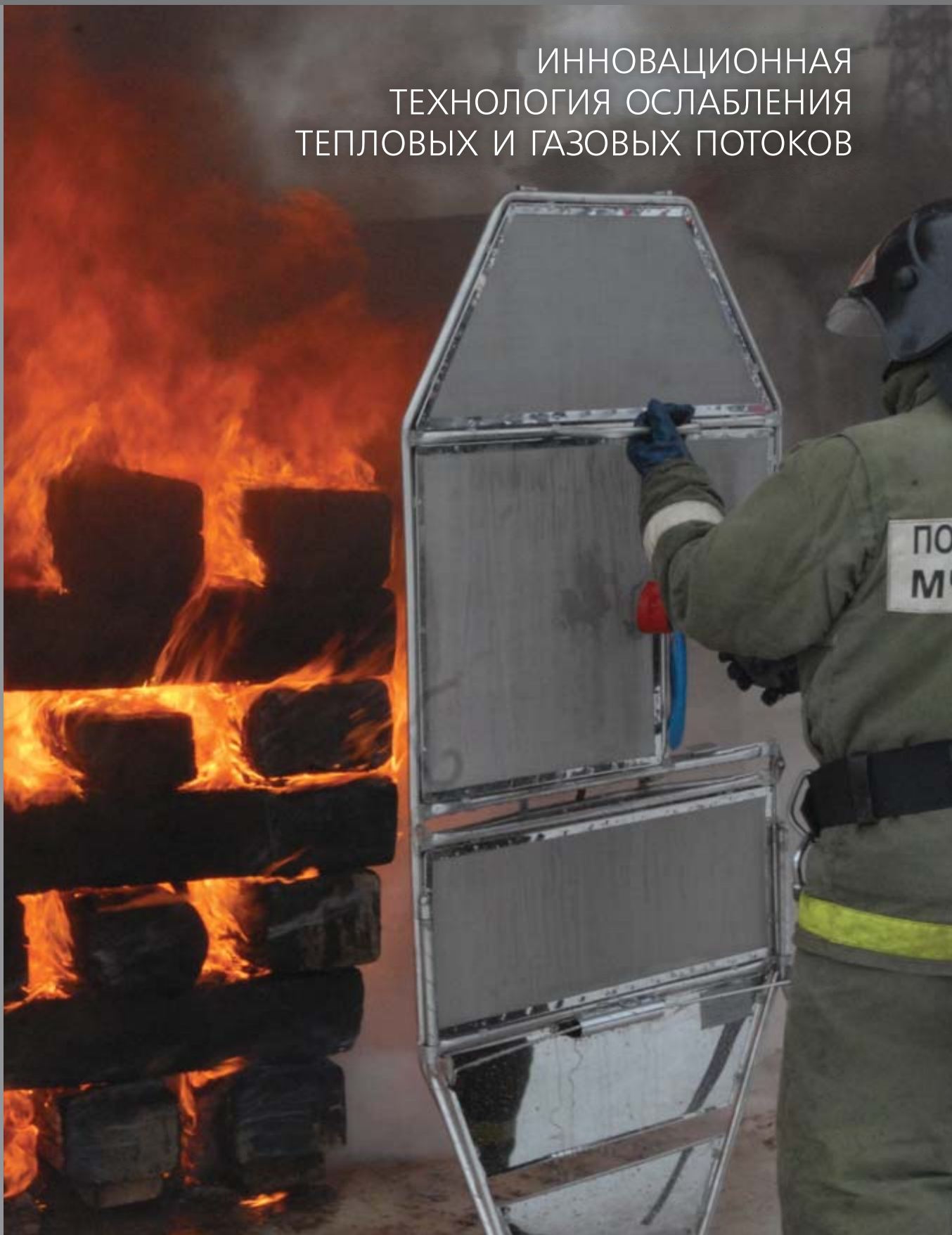
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0869-7493

КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

пожарная • промышленная • производственная • экологическая

ИННОВАЦИОННАЯ
ТЕХНОЛОГИЯ ОСЛАБЛЕНИЯ
ТЕПЛОВЫХ И ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ





СИСТЕМЫ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ

Юридический адрес: 142301, г. Чехов, Московская обл., Вишневый бульвар, 8

Почтовый адрес: 117465, г. Москва, а/я № 7

Тел/факс: +7 (495) 775-27-96; 984-07-96

E-mail: artsok@centro.ru, postmaster@artsok.com

http: www.artsok.com

Система менеджмента качества сертифицирована как соответствующая требованиям 9001–2008

Запорно–пусковые устройства (ЗПУ) МГП сертифицированы как соответствующие требованиям
Директивы безопасности Европейского Союза PED 97/23/EC



Модули МГП-16 емкостью от 2 до 100 л
на рабочее давление до 19,6 МПа (200 кгс/см²),
МГП-35 емкостью от 60 до 100 л
на рабочее давление до 14,7 МПа (150 кгс/см²),
МГП-50 емкостью от 60 до 100 л
на рабочее давление до 6,37 МПа (65 кгс/см²)
и батареи на их основе



Приборы
приемно-
контрольные
пожарные
и управления
ППКПУ 4/16
«АИСТ»



Стойки с весовыми устройствами
для МГП-16 и МГП-35



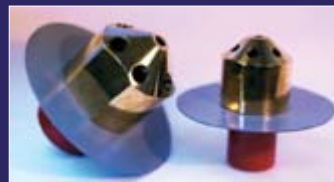
Модули изотермические для жидкой двуокиси
углерода (МИЖУ) емкостью от 3 до 28 м³
(стационарные и передвижные)



Распределительные устройства
(РУ) для комплектации АУГП
централизованного типа



Насадки для распыления
газовых огнетушащих веществ
(струйные и локальные)



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

НОВОСТИ, КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ

VII Международная научная конференция
"Полимерные материалы пониженной горючести",
6–10 октября 2013 г., г. Таганрог

5

ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

АЛЕКСЕЕВ С. Г., АЛЕКСЕЕВ К. С.,
ЖИВОТИНСКАЯ Л. О., БАРБИН Н. М.
Связь показателей пожарной опасности с химическим
строением. X. Сложные эфиры (часть 2)

9

КИРИЧЕНКО О. В.
Скорость и предельные режимы горения
трехкомпонентных пиротехнических смесей
в условиях внешних воздействий

20

ШВЕЦ Н. И., ЗАСТРОГИНА О. Б.,
БАРБОТКО С. Л., АЛЕКСАШИН В. М.
Фенолформальдегидное связующее
пониженной горючести

26

ОГНЕЗАЩИТА

ГРАВИТ М. В.
Оценка порового пространства пенококса
огнезащитных вспучивающихся покрытий

33

СТАТИСТИКА И АНАЛИЗ ПОЖАРОВ

ЗАХМАТОВ В. Д.
Пожар в Гостином Дворе — одной из главных исторических
ценностей Подола — самого старого района Киева

39

КАЙБИЧЕВА Е. И., КАЙБИЧЕВ И. А.
Индекс числа лесных пожаров
в Российской Федерации за 2006–2010 годы

45

ПОЖАРНАЯ ОХРАНА

ТАРАНЦЕВ А. А.
О проблеме размещения вновь создаваемых
пожарных частей на территориях регионов

52

ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА

АЛЕШКОВ М. В.
Особенности тушения крупных пожаров на территории
Российской Федерации при внешнем воздействии
опасных природных явлений

59

ЗАРУБИН В. П., КИСЕЛЕВ В. В., ТОПОРОВ А. В.,
ПУЧКОВ П. В., МЕЛЬНИКОВ А. А.
Перспективы применения нанопорошков силикатов
в смазочных материалах, используемых
в пожарной технике

65

СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

БРУШЛИНСКИЙ Н. Н., КАРПОВ В. Л., КУРБАНОВ А. Х.,
УСМАНОВ М. Х., ШИМКО В. Ю.
Инновационная технология ослабления
тепловых и газовых потоков

71

ДМИТРИЕВ О. В., МИСНИКОВ О. С., ПОПОВ В. И.
Исследование свойств огнетушащих порошковых
составов, модифицированных гидрофобными
добавками на основе торфяного сырья

81

ВОПРОС – ОТВЕТ

87

NEWS, CONFERENCES, EXHIBITIONS

VII International scientific conference
"Polymer materials of lowered burning quality",
6–10 October 2013, Taganrog

FIRE-AND-EXPLOSION HAZARD OF SUBSTANCES AND MATERIALS

ALEXEEV S. G., ALEXEEV K. S.,
ZHIVOTINSKAYA L. O., BARBIN N. M.
Correlation of fire hazard characteristics with chemical
structure. X. Esters (part 2)

KIRICHENKO O. V.
Speed and maximum modes burning
of three-component pyrotechnic mixtures
under the conditions of the external influences

SHVETS N. I., ZASTROGINA O. B.,
BARBOTKO S. L., ALEKSASHIN V. M.
Reduced combustibility
phenolic binder

FIRE RETARDANCE

GRAVIT M. V.
Evaluation of pore space form
of intumescent fire retardant coating

STATISTIC AND ANALYZE OF FIRE

ZAKHMATOV V. D.
Fire at Gostinyy Dvor — historical house
of oldest district of Kiev

KAIBICHEVA E. I., KAIBICHEV I. A.
Forest fires number index
in Russian Federation in 2006–2010 years

FIRE SECURITY

TARANTSEV A. A.
On the problem of placing newly created fire brigades
in the territories of the regions

FIRE ENGINEERING

ALESHKOV M. V.
Peculiarities of extinguishing large-scale fires on the territory
of the Russian Federation under the external effect
of hazardous natural phenomena

ZARUBIN V. P., KISELEV V. V., TOPOROV A. V.,
PUCHKOV P. V., MELNIKOV A. A.
Perspectives of the silicates nanopowders
applying in oils used in firefighting
equipment

MEANS AND WAYS OF FIRE EXTINGUISHING

BRUSHLINSKIY N. N., KARPOV V. L., KURBANOV A. Kh.,
USMANOV M. Kh., SHIMKO V. Yu.
Innovative technology, attenuation
of heat and gas flows

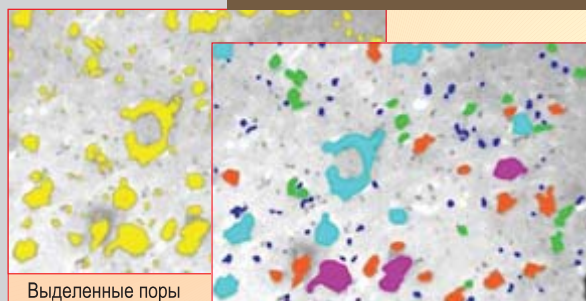
DMITRIEV O. V., MISNIKOV O. S., POPOV V. I.
Investigation of dry chemicals modified
by hydrophobic additives based
on peat raw

QUESTION – ANSWER

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". 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.



Полимерные материалы пониженной горючести



Выделенные поры

Поры, классифицированные по параметру "средняя хорда"

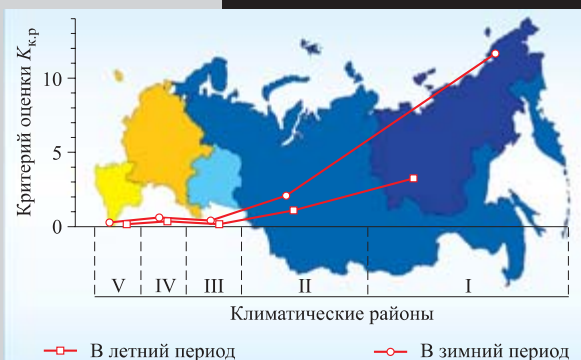
Оценка порового пространства пенококса

Стр. 5

Стр. 33



Пожар в Гостином Дворе в Киеве



Стр. 39

Стр. 59

Особенности тушения крупных пожаров в РФ

Стр. 71



Инновационная технология ослабления потоков

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:

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

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

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

Кирюханцев Е. Е., к. т. н., профессор (Россия)

Корольченко Д. А., к. т. н. (Россия)

Лейбман М. Е., заслуженный строитель России, генерал-полковник запаса (Россия)

Меркулов В. А., к. т. н. (Россия)

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

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

Сенин Н. И., к. т. н., профессор (Россия)

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

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

Теличенко В. И., д. т. н., профессор, действительный член РААСН, заслуженный деятель науки РФ (Россия)

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

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

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, (495) 735-28-03, (495) 737-65-74, 8-909-940-63-94. 121352, г. Москва, а/я 43.

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

Подписано в печать 15.05.2013.

Формат 60x84 1/8. Тираж 5000 экз.

Бумага мелованная матовая. Печать офсетная.

Отпечатано в типографии "ГранПри", г. Рыбинск.



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:

Post office box 43,
Moscow, 121352, Russia
Phone/Fax: (495) 228-09-03,
(495) 735-28-03,
(495) 737-65-74,
8-909-940-63-94
E-mail: info@fire-smi,
mail@firepress
Website: www.fire-smi.ru,
www.firepress.ru

"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 15.05.2013
Format is 60x84 1/8
Printing is 5 000 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:

Baratov A. N.,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Full Member of National Academy of Fire Science, Honoured Scientist of the Russian Federation (Russia)

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)

Kiryukhantsev Ye. Ye.,
Candidate of Technical Sciences, Professor (Russia)

Korolchenko D. A.,
Candidate of Technical Sciences (Russia)

Leybman M. Ye.,
Honoured Builder of the Russian Federation, Retired Colonel General (Russia)

Merkulov V. A.,
Candidate of Technical Sciences (Russia)

Mishuev A. V.,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of Russian Academy of Natural Sciences (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)

Senin N. I.,
Candidate of Technical Sciences, Professor (Russia)

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

Puzach C. V.,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of National Academy of Fire Science (Russia)

Telichenko V. I.,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Full Member of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Honoured Scientist of the Russian Federation (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)

Tychino N. A.,
Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of International Academy of Ecology and Life Safety (Belarus)

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)

Thomas Jim Shields,
Professor (Great Britain)

*Российская академия наук
Южный федеральный университет*



VII Международная научная конференция ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПОНИЖЕННОЙ ГОРЮЧЕСТИ

6–10 октября 2013 г., г. Таганрог

Целью конференции является обмен опытом и новейшими достижениями в области снижения горючести материалов на основе полимеров.

Традиционно конференция проводится в разных городах, которые имеют признанные достижения в данной области исследований и интересны своим историческим прошлым, природой и архитектурой.

Конференции проводились на базе Института химии АН Казахстана (г. Алма-Ата), НПО «Йодобром» (г. Саки), Государственного технического университета (г. Волгоград), Ивановского ВНИИПИК (г. Суздаль), Института химии (г. Таллин), Государственного технического университета (г. Вологда).

Регулярно организуются семинары на базе Института химической физики им. Н. Н. Семенова РАН и Института синтетических полимерных материалов им. Н. С. Ениколопова РАН.

В 2013 г. конференция будет проводиться на базе Южного федерального университета в г. Таганроге.

Базовой выбрана кафедра химии и экологии факультета естественного и гуманитарного образования ЮФУ.

Тематика конференции

Организаторы конференции приглашают ученых принять участие в конференции и выступить с докладами, отражающими научные результаты исследований по следующим направлениям:

- Термоокислительная деструкция и пиролиз полимеров.
- Теория горения полимерных материалов.
- Механизм действия и синтез новых высокоэффективных ингибиторов горения полимеров.
- Новые полимерные материалы и композиции пониженной горючести.

- Современные методы оценки экологической и пожарной опасности полимерных материалов и конструкций.

Программа школы молодых ученых

- Современные методы снижения горючести полимерных материалов и композитов на их основе.
- Перспективные полимерные материалы и композиты пониженной горючести и экологической безопасности.
- Разработка новых эффективных ингибиторов горения и перспективы их применения в полимерных материалах и композитах.
- Современные методы исследования процесса горения полимерных материалов, оценка пожарной опасности полимерных материалов.
- Экологическая и пожарная безопасность материалов и конструкций.

Учредители конференции

- Российская академия наук.
- Министерство образования и науки.
- Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России).
- Правительство Ростовской области.
- Отделение химии и наук о материалах РАН.
- Южный научный центр РАН.
- ФГБУН Институт химической физики им. Н. Н. Семенова РАН.
- ФГБУН Институт синтетических полимерных материалов им. Н. С. Ениколопова.
- Академия Государственной противопожарной службы МЧС России.
- Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.
- Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России.
- Московский государственный строительный университет.
- Южный федеральный университет.



Организационный комитет

Председатель конференции

Берлин А. А. академик РАН,
директор ИХФ РАН

Сопредседатели конференции

Матишов Г. Г. академик РАН, председатель
Президиума ЮНЦ РАН

Минкин В. И. академик РАН, директор
НИИФОХ ЮФУ

Заместители председателя

Халтуринский Н. А. профессор ИХФ РАН

Алешков М. В. заместитель начальника
Академии ГПС МЧС России
по научной работе

Петров В. В. зав. кафедрой химии и экологии
ЮФУ

Организационный комитет

Айдаркин Е. К. проректор по научной и инновационной деятельности
ЮФУ

Бердников С. В. профессор, гл. ученый секретарь
ЮНЦ РАН

Новаков И. А. академик РАН, ректор
ВолгГТУ

Квардаков В. В. член-корр. РАН, исполнительный директор
Курчатовского центра синхротронного излучения и нанотехнологий

Озерин А. Н. член-корр. РАН, директор
ИСПМ РАН

Синьков В. Г. первый заместитель начальника
ГУ МЧС России по Ростовской области

Пашина А. А. зам. министра по общему
и профессиональному образованию
Ростовской области

Аскадский А. А. профессор, ИНЭОС РАН

Голиков А. Д. зам. начальника СПб филиала
ФГУ ВНИИПО МЧС России

Дебердеев Р. Я. профессор, КХТИ

Зайков Г. Е. профессор, ИБХФ РАН

Корольченко И. А. профессор, МГСУ

Кульков А. А. профессор, ЦНИИСМ Хотьково

Латышев О. М. профессор, начальник Санкт-Петербургского университета
ГПС МЧС России

Нелюбин Б. В. профессор, НПО “Йодобром”,
Украина

Панова Л. Г. профессор СГТУ им. Гагарина

Попова М. Н. профессор МГСУ

Попова О. В. профессор ЮФУ

Рудакова Т. А. с. н. с. ИСПМ РАН (г. Москва)

Сербиновский М. Ю. профессор ЮФУ, ведущий специалист
ОАО “ЭМАльянс”

Серков Б. Б. профессор, Академия ГПС
МЧС России

Сиротинкин Н. В. профессор СПГТУ

Тужиков О. И. профессор ВолгГТУ

Ученые секретари

Бешенко М. А. ИСПМ РАН (г. Москва)

Сивенков А. Б. АГПС МЧС России (г. Москва)

Программный комитет

Халтуринский Н. А. (председатель) профессор,
ИХФ РАН

Асеева Р. М. профессор, Академия ГПС
МЧС России

Перов Н. С. с. н. с. ИСПМ РАН (г. Москва)

Технический секретарь

Марьева Е. А. аспирант ЮФУ

Предварительная программа конференции

1-й день — заезд участников, регистрация.

2-й день — пленарное заседание, работа по секциям, выставка, экскурсия по Чеховским местам г. Таганрога, ужин.

3-й день — продолжение работы секций, стендовые доклады, посещение музеев г. Таганрога, культурная программа.

4-й день — продолжение работы конференции, подведение итогов заявленных оргкомитетом конкурсов, программа МЧС Ростовской области и г. Таганрога, экскурсия по г. Новочеркаску.

5-й день — подведение итогов конференции, экскурсия в Танаис и станицу Старочеркасскую, отъезд.

Желающим принять участие в конференции необходимо зарегистрироваться на сайте конференции www.polymerisoff.ru не позднее **1 марта 2013 г.** Материалы доклада и копия платежного поручения в адрес оргкомитета должны быть направлены через систему регистрации на сайте конференции не позднее **30 апреля 2013 г.**





В программу конференции будут включены пленарные, устные и стендовые доклады.

Правила оформления материалов

- Текст должен быть набран в редакторе Word for Windows 97-2003, шрифт “Times New Roman Cyr”, размер 12, межстрочный интервал 1.
- Поля страницы: слева, сверху и снизу — 2 см, справа 1,5 см.
- Формулы набираются в MS Equation 2.0.
- Рисунки и схемы в тексте должны быть сгруппированы.

Порядок печати

Название статьи по центру без переноса жирным шрифтом прописными буквами, через интервал — инициалы и фамилия автора строчными буквами, через интервал — полное название учебного заведения (организации), далее через интервал — текст, в конце статьи — список литературы (желательно не более 2–3 наименований.)

За содержание докладов ответственность несут авторы. Программный комитет имеет право отклонить доклад. Все материалы публикуются в авторской редакции.

Оргвзнос за участие в конференции и публикацию одного доклада объемом до 3 стр. составляет 1200 руб.,



за каждую дополнительную страницу — 300 руб. Для заочных участников, студентов и аспирантов — 600 руб., за каждую дополнительную страницу — 150 руб.

За участие без публикации доклада оргвзнос можно внести при регистрации.

Доклады, отобранные оргкомитетом, будут опубликованы в журнале “Известия ЮФУ. Технические науки” (входит в перечень ВАК) к началу конференции.

Банковские реквизиты

Южный федеральный университет (внебюджет)
344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105
Получатель: Южный федеральный университет
Код подразделения 301
р/сч 40503810700000000000
ИНН 6163027810 КПП 616301001
Банк получатель: ОАО КБ “Центр-Инвест” г. Ростов-на-Дону
БИК 046015762, кор. счет 30101810100000000762

С обязательным указанием: “301 Оргвзнос за участие в конференции “Полимерные материалы пониженной горючести”. ФИО”

Адрес проведения конференции

Ростовская область, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, Технологический институт ЮФУ.

Проживание участников конференции будет организовано в гостиницах г. Таганрога и в общежитиях университета.

Справки

В г. Москве:

Бешенко Марина Александровна.
Тел. 8(495)332-58-70, e-mail: beshenko@ispm.ru;
Сивенков Андрей Борисович.
Тел. 8(916)174-52-44, e-mail: sivenkov01@mail.ru.

В г. Таганроге:

Марьева Екатерина Александровна.
Тел. 8(928)188-59-50, e-mail: ekaterina.maryeva@mail.ru.

Образец оформления тезисов

ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПОНИЖЕННОЙ ГОРЮЧЕСТИ

А. А. Иванов

*Южный федеральный университет,
г. Ростов-на-Дону*

Текст текст текст текст текст [1] текст текст текст
текст текст текст....

Список литературы

- 1.
- 2.
- ...



29 мая – 31 мая 2013

0+

VIII специализированный форум-выставка

АНТИТЕРРОР

современные
системы
безопасности

**ГЛАВНАЯ СИБИРСКАЯ
ПЛОЩАДКА БЕЗОПАСНОСТИ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ**



**Технологии,
системы и техника в**

- промышленной
 - пожарной
 - информационной
 - общественной
- БЕЗОПАСНОСТИ**

а также:

- защита территории и населения при ЧС
- экипировка и средства индивидуальной защиты

Организаторы:



Администрация
Губернатора
Красноярского края,
Правительство
Красноярского края



Антитеррористическая
комиссия
Красноярского края



Шанхайская
организация
сотрудничества



Администрация
города Красноярска



Выставочная компания
«Красноярская ярмарка»

Партнер выставки



Генеральный информационный партнер



Информационная поддержка



РЕКЛАМА

МВДЦ «Сибирь», ул. Авиаторов, 19
тел.: (391) 22-88-603, 22-88-611 – круглосуточно
ccb@krasfair.ru, www.krasfair.ru



сибирь
менеджерский
Выставочно-деловой центр
имени Карла Маркса

С. Г. АЛЕКСЕЕВ, канд. хим. наук, доцент, чл.-корр. ВАН КБ, старший научный сотрудник Научно-инженерного центра "Надежность и ресурс больших систем и машин" УрО РАН (Россия, 620049, г. Екатеринбург, ул. Студенческая, 54а), старший научный сотрудник Уральского института Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: Alexshome@mail.ru)

К. С. АЛЕКСЕЕВ, аспирант, Научно-инженерный центр "Надежность и ресурс больших систем и машин" УрО РАН (Россия, 620049, г. Екатеринбург, ул. Студенческая, 54а; e-mail: paradox2405@mail.ru)

Л. О. ЖИВОТИНСКАЯ, научный сотрудник, Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: milamail@bk.ru)

Н. М. БАРБИН, д-р техн. наук, канд. хим. наук, заведующий кафедрой химии Уральской государственной сельскохозяйственной академии (Россия, 620075, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42), старший научный сотрудник Уральского института Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: NMBarbin@mail.ru)

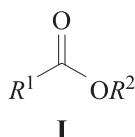
УДК 614.84:547-326

СВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ С ХИМИЧЕСКИМ СТРОЕНИЕМ. Х. СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ (ЧАСТЬ 2)*

Показано применение правила углеродной цепи и положения функциональной группы для прогнозирования физико-химических и пожароопасных свойств на примере эфиров карбоновых кислот с алкильными заместителями изостроения.

Ключевые слова: сложный эфир; правило; свойство; пожарная опасность; показатель.

В рамках начатого нами исследования [1–9] по изучению взаимосвязи *химическое строение – пожароопасные свойства* в этой работе представлены результаты исследований органических соединений, относящихся к классу сложных эфиров с алкильными радикалами изостроения (I):



где R^1 и R^2 — алкильные радикалы изостроения.

Исходные данные для исследования (см. таблицу) взяты из электронных баз данных и справочной литературы [10–14].

В предыдущих работах было найдено, что пожароопасные и некоторые физико-химические свойства для органических соединений изостроения могут быть предсказаны по условной углеродной цепи (УУЦ) с помощью правила углеродной цепи. Отмечалось также, что такие показатели, как теплота сгорания, критическое давление и концентрационные пределы воспламенения, малочувствительны к изомеризации углеродной цепи, поэтому эти

параметры определяются по основной углеродной цепи (ОУЦ), а не по УУЦ [1, 3–6, 8, 9]. Прогноз температур кипения, вспышки, воспламенения ($T_{\text{кип}}$, $T_{\text{всп}}$, $T_{\text{вос}}$), критических температуры и давления ($T_{\text{кр}}$, $P_{\text{кр}}$), температурных ($T_{\text{н}}$, $T_{\text{в}}$) и концентрационных ($C_{\text{н}}$, $C_{\text{в}}$) пределов воспламенения, плотности (D) и теплоты сгорания ($Q_{\text{сг}}$) соединений (II)–(LII) по правилу углеродной цепи выделен затемненными полями в таблице. Курсивом в таблице представлен расчет по уравнениям (2)–(11), а курсивом с подчеркиванием — по уравнению (1):

$$t_{\text{всп}} = 0,627t_{\text{кип}} - 50,4; \quad (1)$$

$$T_{\text{кип}} = -0,379N_{\text{C}}^2 + 26,448N_{\text{C}} + 254; \quad (2)$$

$$T_{\text{кр}} = -0,46N_{\text{C}}^2 + 27,03N_{\text{C}} + 430,1; \quad (3)$$

$$T_{\text{всп}} = -0,3107N_{\text{C}}^2 + 17,475N_{\text{C}} + 206,4; \quad (4)$$

$$T_{\text{вос}} = 13,65N_{\text{C}} + 227,6; \quad (5)$$

$$T_{\text{н}} = 13,54N_{\text{C}} + 215; \quad (6)$$

$$T_{\text{в}} = 16N_{\text{C}} + 236,2; \quad (7)$$

$$Q_{\text{сг}} = 606,2N_{\text{C}} - 321,6; \quad (8)$$

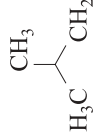
$$P_{\text{кр}} = -10,486 + 99,243/N_{\text{C}}^{0,5}; \quad (9)$$

$$C_{\text{н}} = 10,472N_{\text{C}}^{-1,1297}; \quad (10)$$

$$C_{\text{в}} = 1,16 + 43,051/N_{\text{C}}. \quad (11)$$

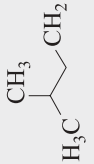
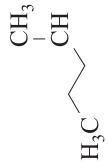
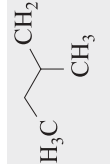
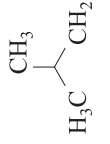
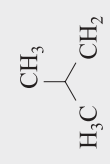
* Продолжение. Начало см. в журнале «Пожаровзрывобезопасность», № 5 за 2010 г., № 6, 7 и 9 за 2011 г., № 7, 9, 11 и 12 за 2012 г., № 1 и 4 за 2013 г.

Справочные [7–11] и расчетные физико-химические и пожароопасные свойства соединений (I)

R^1	R^2	Номер (УУЦ)	Брутто- формула	D , кг/м ³	Температура, К						Теплота, кДж/моль		$P_{кр}$, атм	КПВ, % (об.)
					$T_{кпл}$	$T_{кр}$	$T_{всп}$	$T_{свс}$	$T_{вос}$	ТПВ	парообра- зования	сгорания		
H	$(CH_3)_2CH$	II (3,5)	$C_3H_8O_2$	940	329	509	261		266	255...285	32,3	1538	49,2	3,6...17,4
					341	550	261 259 265 <u>265</u>	713	271	262...294	33,45	2064,9	41,8	2,3...13,3
					882,6 884 872,8									
H	$(CH_3)C$	III (4)	$C_3H_{10}O_2$	925	341 342	520 519	264 264 <u>264</u>		273 275	262...292 262...292	33,5	2081 2103 (C_4)	40,1 39,1 (C_4)	2,4...12,5 2,2...11,9 (C_4)
					356	537	264 283 <u>275</u>	698	290	263...294 278...314	32,3	2677,0	35,3	1,6...9 1,7...10,5
					872									
CH_3	$(CH_3)_2CH$	IV (4,5)	$C_4H_8O_2$	910	352 354	530 531	272 271 <u>271</u>		279 282	269...299 269...300	34,6	2717 2709 (C_5)	34,9 33,9 (C_5)	1,8...10,0 1,7...9,8 (C_5)
					362 358	532 530	275 277 278 <u>276</u>	733 752 713	282	271...296 272...309	32,9	2658,0 2064 2670,4	32,5 32,4	1,76...7,2 1,8...8,7
					873,2 866,4									
$(CH_3)_2CH$	CH_3	V (4,5)	$C_3H_{10}O_2$	911,3 890,6	365 363	541	276 280 <u>279</u>	723	288	273...304 275...310	33,3	2675,0 3002	33,9	1,6...9 1,69...10
					371 372	551	283 277 284 <u>285</u>	593		277...306	33,9	2700,7 3014 2670	38,3	1,7...8
					905,0 885									
H		VII (4,5)	$C_3H_{10}O_2$	903	367	546	282 <u>282</u>			273...307		2694	35,3	1,6...9,7
					364 365	541 542	278 279		287 289	273...304 276...308	37,2	2717 2709 (C_5)	34,9 33,9 (C_5)	1,8...10,0 1,7...9,8 (C_5)
					903									

CH ₃	(CH ₃) ₃ C	VIII (5)	C ₆ H ₁₂ O ₂	866,4	371	552 554	274 284	294 296	283...317 283...316	38,4	3290 3376 (C ₆)	30,6 30,0 (C ₆)	1,3...7,3
		(5)	C ₅ H ₁₀ O ₂	896	376 377	552 554	284 286			39,8	3290 3376 (C ₆)	30,6 30,0 (C ₆)	1,4...8,3 1,4...8,3 (C ₆)
CH ₃		IX (5,5)	C ₆ H ₁₂ O ₂	892,1 871	390 391	561	291 295 296 297	303	290...322 290...329	35,5	3276,0 3470 3276	29,7	1,42... 1,3... 1,4...9,1
CH ₃		X (5,5)	C ₆ H ₁₂ O ₂	892	385	561	289 293	695	285...317	35,1	3268,0 3538	31,3 32	1,4...7,6 1,7...7,6
	CH ₃	XI (5,5)	C ₆ H ₁₂ O ₂	885,1	388		291 295						
	CH ₃	XII (5,5)	C ₆ H ₁₂ O ₂	900,7	387		287 294			35,5	3538		
H		XIII (5,5)	C ₆ H ₁₂ O ₂	859 871	397		295 294 300	553	291...333	36,4	3276		1,2...8
(CH ₃) ₂ CH	C ₂ H ₅	XIV (5,5)	C ₆ H ₁₂ O ₂	890,4 869	385 384		304 288 293 292	736 713	285...323	39,8	3541		1,3...7,8 1,4...9,0
C ₂ H ₅	(CH ₃) ₂ CH	XV (5,5)	C ₆ H ₁₂ O ₂	866	383	558	288 293 292	698	285...322		3276	31,1	1,4...9,0
		(5,5)		892	387 388	564 565	292 293		290...325 289...324	40,0	3290 3376 (C ₆)	30,6 30,0 (C ₆)	1,4...8,3 1,4...8,3 (C ₆)
CH ₃	(CH ₃) ₂ CC ₂ H ₅	XVI (6)	C ₇ H ₁₄ O ₂	874	398	594	298 301	652		42,8	4313	26,9	
	CH ₃	XVII (6)	C ₇ H ₁₄ O ₂	871	393		297 298			44,4			

Продолжение таблицы

R^1	R^2	Номер (УУП)	Брутто- формула	D , кг/м ³	Температура, К						Теплота, кДж/моль		$P_{кр}$, атм	КПВ, % (об.)
					$T_{кип}$	$T_{кр}$	$T_{всп}$	$T_{сис}$	$T_{вос}$	ТПВ	парообра- зования	сгорания		
$(CH_3)_3C$	C_2H_5	XVIII (6)	$C_7H_{14}O_2$	875	392 391	566	288 285 297	679		288...319	41,3		29,1	1,2...6,8
C_2H_5	$(CH_3)_3C$	XIX (6)	$C_7H_{14}O_2$	865	391	576	293 297						28,4	
$(CH_3)_2CH$	$(CH_3)_2CH$	XX (6)	$C_7H_{14}O_2$	896 847,1	394	565	290 293 298	643	306	293...333			28,3	1,2...7,6
		(6)	$C_6H_{12}O_2$	887	397 399	575 576	300 300		310 310	296...332 296...332	43,3	3936 3922 (C_7)	27,9 27,0 (C_7)	1,2...7,4 1,2...7,3 (C_7)
CH_3		XXI (6,5)	$C_7H_{14}O_2$	883,7	415	586	306 298 312	633 628		304...399	46,0	3889,0 4372	27,2	1,1...7 1...7,5
CH_3		XXII (6,5)	$C_7H_{14}O_2$	922,2 869	408 404	599	305 299 307 305	653 663	306	298...339	36,8	3882	28	1...7,5 1,1...7,2
CH_3		XXIII (6,5)	$C_7H_{14}O_2$	876	414		308 311				37,3			
	C_2H_5	XXIV (6,5)	$C_7H_{14}O_2$	885,1 867	405 408	582	303 304 305 307	693	315	301...339	43,9	4187		1,1...6,9 1,1...7,5
C_2H_5		XXV (6,5)	$C_7H_{14}O_2$	858,4 868,7	432 410		321 311 322 308	708	313	303...344	39,7	3881,5		1,2...
C_3H_7	$(CH_3)_2CH$	XXVI (6,5)	$C_7H_{14}O_2$	859 858,8	403	581	297 305 304	593	309	298...339			28,0	1,2...7,6

$(\text{CH}_3)_2\text{CH}$	C_3H_7	XXVII (6,5)	$\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$	866	409 407	579 581	300 303 308 307	721		302...336	37,3	3883,0	28,0	1,1...6,9
$\text{H}_3\text{C}_2-\text{CH}-\text{CH}_3$	C_2H_5	XXVIII (6,5)	$\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$	869,7	406		299 306				44,3	4198		
		(6,5)		884	409 410	586 586	307 307		317 316	303...341 303...340	42,8	3936 3922 (C_7)	27,9 27,0 (C_7)	1,2...7,4 1,2...7,3 (C_7)
$(\text{CH}_3)_2\text{CH}$	$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2$	XXIX (7)	$\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$	875,2 875	420 422	602	311 315 316	705	324	307...347 310...350	38,2	4495,3	25,8	0,96...7,6 1...7,6 1,0...6,7
$\text{CH}_3-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_2$	C_2H_5	XXX (7)	$\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$	854,8	392		307 297							
		(7)	$\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$	880	421 421	597 597	313 314		324 323	310...350 310...348	42,2	4503,3 4528 (C_8)	25,1 24,6 (C_8)	1,0...6,8 1,0...6,5 (C_8)
C_2H_5	$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2$	XXXI (7,5)	$\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$	892,6	407 411	588 584	299 302 307 309			299...338	37,3	3876,5	28,0	1,1...8,3
$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2$	C_2H_5	XXXII (7,5)	$\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$	868	436	602	325				39,3		25,4	
C_2H_5	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2$	XXXIII (7,5)	$\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$	876	429		320 320				39,3			
CH_3	$\text{H}_5\text{C}_2-\text{CH}-\text{CH}_2$	XXXIV (7,5)	$\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$	878,4	434		325 324							
CH_3	$\text{H}_9\text{C}_4-\text{CH}-\text{CH}_2$	XXXV (7,5)	$\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$	865,8	431		318 322	543	331	315...355				1,0...6,7
$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2$	C_3H_7	XXXVI (7,5)	$\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$	889	429		320 320				39,3			

Продолжение таблицы

R^1	R^2	Номер (УУП)	Брутто- формула	D , кг/м ³	Температура, К						Теплота, кДж/моль		$P_{кр}$, атм	КПВ, % (об.)
					$T_{кип}$	$T_{кр}$	$T_{всп}$	$T_{свс}$	$T_{вос}$	ТПВ	парообра- зования	сгорания		
C_3H_7		XXXVII (7,5)	$C_8H_{16}O_2$	836,4	430		323 <u>321</u>	653	331	322...359		4487,1		1,0...6,7
		(7,5)		879	431 431	607 607	320 320		331 330	317...357 317...356	41,5	4503,3 4528 (C_8)	25,1 24,6 (C_8)	1,0...6,8 1,0...6,5 (C_8)
		XXXVIII (8)	$C_9H_{18}O_2$	853	444		323 <u>330</u>				40,7			
$(CH_3)_2CH$		XXXIX (8)	$C_9H_{18}O_2$	862,7	442		327 <u>329</u>	663	336	323...364				0,9...6,2
		(8)		878	441 441	617 617	326 326		339 337	324...364 323...364	40,6	5111,4 5134 (C_9)	23,1 22,6 (C_9)	0,9...6,4 0,9...5,9 (C_9)
	C_4H_9	XL (8,5)	$C_9H_{18}O_2$		449		331 <u>333</u>	523	343	328...				0,88...6,2
C_3H_7		XLI (8,5)	$C_9H_{18}O_2$	882,3	452		334 <u>335</u>							
		(8,5)		874,5	452 451	627 627	335 332		346 344	331...373 330...372	41,6	5111 5134 (C_9)	23,1 22,6 (C_9)	0,9...6,4 0,9...5,9 (C_9)
		XLII (9)	$C_{10}H_{20}O_2$	855			340							
		XLIII (9)	$C_{10}H_{20}O_2$	857			335							

$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \end{array}$	$\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_2$	858	467	637	$\begin{array}{c} 333 \\ 342 \\ 344 \end{array}$	633	351	$\begin{array}{c} 332...380 \\ 317...361 \end{array}$	5709,0		$\begin{array}{c} 0,8...6,9 \\ 0,8...5,8 \end{array}$
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_7\text{C}_3-\text{CH} \\ \\ \text{H}_3\text{C} \end{array}$	$\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_2$	858	466		$\begin{array}{c} 335 \\ 344 \end{array}$						
				871	$\begin{array}{c} 462 \\ 461 \end{array}$	$\begin{array}{c} 636 \\ 636 \end{array}$	$\begin{array}{c} 342 \\ 339 \end{array}$		$\begin{array}{c} 353 \\ 350 \end{array}$	$\begin{array}{c} 337...381 \\ 337...380 \end{array}$	$\begin{array}{c} 5720 \\ 5740 \\ (C_{10}) \end{array}$	$\begin{array}{c} 21,2 \\ 20,9 \\ (C_{10}) \end{array}$	$\begin{array}{c} 0,8...5,7 \\ 0,8...5,5 \\ (C_{10}) \end{array}$
CH_3		$\begin{array}{c} \text{H}_{11}\text{C}_5-\text{CH} \\ \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{array}$	$\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_2$		473	642	$\begin{array}{c} 344 \\ 348 \end{array}$			341...392	5725,0	21,4	$\begin{array}{c} 0,76...8,1 \end{array}$
CH_3		$\begin{array}{c} \text{H}_9\text{C}_4-\text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{array}$	$\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_2$	870	472		$\begin{array}{c} 358 \\ 347 \end{array}$						
$\begin{array}{c} \text{H}_7\text{C}_3-\text{CH} \\ \\ \text{H}_3\text{C} \end{array}$		C_4H_9	$\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_2$	872,6	471		$\begin{array}{c} 349 \\ 347 \end{array}$	568					$\begin{array}{c} 0,7...8,2 \end{array}$
C_4H_9		$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \end{array}$	$\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_2$		471		$\begin{array}{c} 346 \\ 347 \end{array}$	583	358	341...383			$\begin{array}{c} 0,78... \end{array}$
				871	$\begin{array}{c} 472 \\ 471 \end{array}$	$\begin{array}{c} 646 \\ 645 \end{array}$	$\begin{array}{c} 348 \\ 344 \end{array}$		$\begin{array}{c} 360 \\ 357 \end{array}$	$\begin{array}{c} 345...388 \\ 344...388 \end{array}$	$\begin{array}{c} 5720 \\ 5740 \\ (C_{10}) \end{array}$	$\begin{array}{c} 21,2 \\ 20,9 \\ (C_{10}) \end{array}$	$\begin{array}{c} 0,8...5,7 \\ 0,8...5,5 \\ (C_{10}) \end{array}$
				871	$\begin{array}{c} 481 \\ 481 \end{array}$	$\begin{array}{c} 655 \\ 654 \end{array}$	$\begin{array}{c} 354 \\ 350 \end{array}$		$\begin{array}{c} 367 \\ 364 \end{array}$	$\begin{array}{c} 352...395 \\ 350...396 \end{array}$	$\begin{array}{c} 6319 \\ 6347 \\ (C_{11}) \end{array}$	$\begin{array}{c} 19,5 \\ 19,4 \\ (C_{11}) \end{array}$	$\begin{array}{c} 0,7...5,7 \\ 0,7...5,1 \\ (C_{11}) \end{array}$
C_5H_{11}		$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2 \end{array}$	$\text{C}_{11}\text{H}_{22}\text{O}_2$	860	499		$\begin{array}{c} 356 \\ 364 \end{array}$				46,2		
				869	$\begin{array}{c} 490 \\ 490 \end{array}$	$\begin{array}{c} 661 \\ 663 \end{array}$	$\begin{array}{c} 361 \\ 356 \end{array}$		$\begin{array}{c} 373 \\ 371 \end{array}$	$\begin{array}{c} 358...404 \\ 357...404 \end{array}$	$\begin{array}{c} 6319 \\ 6347 \\ (C_{11}) \end{array}$	$\begin{array}{c} 19,5 \\ 19,4 \\ (C_{11}) \end{array}$	$\begin{array}{c} 0,7...5,7 \\ 0,7...5,1 \\ (C_{11}) \end{array}$
				866	$\begin{array}{c} 499 \\ 499 \end{array}$	$\begin{array}{c} 667 \\ 672 \end{array}$	$\begin{array}{c} 367 \\ 361 \end{array}$		$\begin{array}{c} 379 \\ 378 \end{array}$	$\begin{array}{c} 363...412 \\ 364...412 \end{array}$	$\begin{array}{c} 6947 \\ 6953 \\ (C_{12}) \end{array}$	$\begin{array}{c} 18,2 \\ 18,2 \\ (C_{12}) \end{array}$	$\begin{array}{c} 0,7...5,0 \\ 0,6...4,7 \\ (C_{12}) \end{array}$

Окончание таблицы

R^1	R^2	Номер (УУЦ)	Брутто- формула	D , кг/м ³	Температура, К						Теплота, кДж/моль		$P_{кр}$, атм	КПВ, % (об.)
					$T_{кип}$	$T_{кр}$	$T_{всп}$	$T_{свс}$	$T_{вос}$	ТПВ	парообра- зования	сгорания		
C_7H_{15}		LI (11,5)	$C_{12}H_{24}O_2$		507		$\frac{368}{369}$	513	381					0,6...
		(11,5)		866	$\frac{507}{508}$	$\frac{680}{680}$	$\frac{372}{366}$		$\frac{385}{385}$	$\frac{364...415}{371...420}$	$\frac{6947}{6953}$ (C ₁₂)	$\frac{18,2}{18,2}$ (C ₁₂)	$\frac{0,7...5,0}{0,6...4,7}$ (C ₁₂)	
		(12)		866	$\frac{515}{517}$	$\frac{692}{688}$	$\frac{376}{371}$		$\frac{390}{391}$	$\frac{365...418}{377...428}$	$\frac{7543}{7559}$ (C ₁₃)	$\frac{17,0}{17,0}$ (C ₁₃)	$\frac{0,6...4,3}{0,6...4,6}$ (C ₁₃)	
	C_8H_{17}	LII (12,5)	$C_{13}H_{26}O_2$		~523		$\frac{379}{\sim 379}$	508	391					0,6...
		(12,5)		865	$\frac{523}{525}$	$\frac{697}{696}$	$\frac{380}{376}$		$\frac{394}{398}$	$\frac{372...421}{366...436}$	$\frac{7543}{7559}$ (C ₁₃)	$\frac{17,0}{17,0}$ (C ₁₃)	$\frac{0,6...4,3}{0,6...4,5}$ (C ₁₃)	
		(13)		864	$\frac{530}{534}$	$\frac{702}{704}$	$\frac{384}{381}$		$\frac{397}{405}$	$\frac{378...424}{377...444}$	$\frac{8165}{8165}$ (C ₁₄)	$\frac{15,5}{16,0}$ (C ₁₄)	$\frac{0,6...4,1}{0,6...4,2}$ (C ₁₄)	
Пр и м е ч а н и е . Показатели для целых значений УУЦ соединений (I) взяты из работы [7]. Показатели для дробных значений УУЦ определены как средние значения между пограничными целыми значениями УУЦ.														

Формулы (1)–(11) были выведены нами на основе анализа свойств эфиров карбоновых кислот с алкильными заместителями нормального строения [7]. Как видно из таблицы, правило углеродной цепи удовлетворительно работает и для сложных эфиров с алкильными заместителями изостроения (I).

Перемещение сложноэфирной группы вдоль углеродной цепи молекулы не приводит к существенным изменениям физико-химических и пожароопасных свойств (см. таблицу), что позволяет говорить

о том, что ранее обнаруженный эффект функциональной группы [1–9, 15] проявляется и в данном классе органических соединений.

Выводы

Продемонстрировано действие правила углеродной цепи и эффекта функциональной группы для прогнозирования пожароопасных и физико-химических свойств сложных эфиров с алкильными заместителями изостроения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С., Орлов С. А. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. I. Алканолаы // Пожаровзрывобезопасность. — 2010. — Т. 19, № 5. — С. 23–30.
2. Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С., Орлов С. А. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. II. Кетоны (часть 1) // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 6. — С. 8–15.
3. Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С., Орлов С. А. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. III. Кетоны (часть 2) // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 7. — С. 8–13.
4. Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С., Орлов С. А. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. IV. Простые эфиры // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 9. — С. 9–16.
5. Алексеев К. С., Барбин Н. М., Алексеев С. Г. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. V. Карбоновые кислоты // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 7. — С. 35–46.
6. Алексеев К. С., Барбин Н. М., Алексеев С. Г. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. VI. Альдегиды // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 9. — С. 29–37.
7. Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Смирнов В. В. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. VII. Нитроалканы // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 12. — С. 22–24.
8. Алексеев С. Г., Алексеев К. С., Барбин Н. М. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. VIII. Сложные эфиры (часть 1) // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 1. — С. 31–57.
9. Смирнов В. В., Алексеев С. Г., Барбин Н. М. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. IX. Хлоралканы // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 4. — С. 13–21.
10. Chemical Database DIPPR 801 (Brigham Young University). URL : <http://www.aiche.org/dippr> (дата обращения: 13–15.03.2012 г.).
11. База данных университета Акрон (Akron). URL : <http://ull.chemistry.uakron.edu/erd> (дата обращения: 15–20.03.2012 г.).
12. Сайт компании Sigma-Aldrich. URL : <http://www.sigmaaldrich.com/catalog> (дата обращения: 20–25.03.2012 г.).
13. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения : справочник: в 2 ч. — М. : Асс. “Пожнаука”, 2004. — Ч. 1. — 713 с.
14. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения : справочник: в 2 ч. — М. : Асс. “Пожнаука”, 2004. — Ч. 2. — 774 с.
15. Алексеев К. С., Барбин Н. М., Алексеев С. Г. Показатели пожарной опасности и эффект положения функциональной группы // Безопасность критических инфраструктур и территорий : Материалы IV Всероссийской конференции и XIV школы молодых ученых. — Екатеринбург : УрО РАН, 2011. — С. 80–81.

Материал поступил в редакцию 7 ноября 2012 г.

CORRELATION OF FIRE HAZARD CHARACTERISTICS WITH CHEMICAL STRUCTURE. X. ESTERS (PART 2)

ALEXEEV S. G., Candidate of Chemistry Sciences, Associate Professor, Corresponding Member of WASCS, Senior Researcher of Science and Engineering Centre "Reliability and Safety of Large Systems" of Ural Branch of Russian Academy of Sciences (Studencheskaya St., 54a, Yekaterinburg, 620049, Russian Federation), Senior Researcher of Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: Alexshome@mail.ru)

ALEXEEV K. S., Postgraduate Student, Science and Engineering Centre "Reliability and Safety of Large Systems", Ural Branch of Russian Academy of Sciences (Studencheskaya St., 54a, Yekaterinburg, 620049, Russian Federation; e-mail address: paradox2405@mail.ru)

ZHIVOTINSKAYA L. O., Researcher, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: milamail@bk.ru)

BARBIN N. M., Doctor of Technical Sciences, Candidate of Chemistry Sciences, Head of Chemistry Department of Urals State Agricultural Academy (Karla Libknekhta St., 42, Yekaterinburg, 620075, Russian Federation), Senior Researcher of Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: NMBarbin@mail.ru)

ABSTRACT

The correlation of chemical structure and fire-dangerous properties is studied among aliphatic esters of isostructure. The carbon rule well works for these compounds. It is allowed to predict their physicochemical and fire-dangerous indices. Travel of the ester group along a hydrocarbon chain practically does not lead to change of the physicochemical and fire-dangerous properties of esters. The empirical equations of calculation are offered for critical temperature (T_c (K) = $-0,46(N_C)^2 + 27,03(N_C) + 430,1$), boiling point (TB (K) = $-0,379(N_C)^2 + 26,448(N_C) + 254$), flash point (FP (K) = $-0,3107(N_C)^2 + 17,475(N_C) + 206,4$; FP (°C) = $-0,627TB$ (°C) — 50,4); fire (ignition) temperature (FT (K) = $13,65(N_C) + 227,6$), low and upper temperature explosive limits (LTEL (K) = $13,54(N_C) + 215$, UTEL = $16(N_C) + 236,2$), low and upper explosive limits (LEL (%) = $10,472(N_C)^{-1,1297}$, UEL (%) = $1,16 + 43,051/(N_C)$), combustion heat (Q (kJ/mole) = $606,2(N_C) - 321,6$) and critical pressure (P_c (atm) = $-10,486 + 99,243/(N_C)^{0,5}$) from the conventional hydrocarbon chain (N_C) in an ester molecule.

Keywords: ester; rule; property; fire hazard; characteristic.

REFERENCES

1. Alexeev S. G., Barbin N. M., Alexeev K. S., Orlov S. A. Svyaz pokazateley pozharnoy opasnosti s khimicheskimi stroeniyem. I. Alkanoly [Correlation of Fire Hazard Characteristics with Chemical Structure. I. Alcohols]. *Pozharovryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2010, vol. 19, no. 5, pp. 23–30. Available at: <http://fire-smi.ru/arhivpvb2010> (Accessed 20 January 2013).
2. Alexeev S. G., Barbin N. M., Alexeev K. S., Orlov S. A. Svyaz pokazateley pozharnoy opasnosti s khimicheskimi stroeniyem. II. Ketony (chast 1) [Correlation of Fire Hazard Characteristics with Chemical Structure. II. Ketones (part 1)]. *Pozharovryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 6, pp. 8–15. Available at: <http://fire-smi.ru/arhivpvb2011> (Accessed 20 January 2013).
3. Alexeev S. G., Barbin N. M., Alexeev K. S., Orlov S. A. Svyaz pokazateley pozharnoy opasnosti s khimicheskimi stroeniyem. III. Ketony (chast 2) [Correlation of Fire Hazard Characteristics with Chemical Structure. III. Ketones (part 2)]. *Pozharovryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 7, pp. 8–13. Available at: <http://fire-smi.ru/arhivpvb2011> (Accessed 20 January 2013).
4. Alexeev S. G., Barbin N. M., Alexeev K. S., Orlov S. A. Svyaz pokazateley pozharnoy opasnosti s khimicheskimi stroeniyem. IV. Prostyye efiry [Correlation of Fire Hazard Characteristics with Chemical Structure. IV. Ethers]. *Pozharovryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 9, pp. 9–16. Available at: <http://fire-smi.ru/arhivpvb2011> (Accessed 20 January 2013).

5. Alexeev K. S., Barbin N. M., Alexeev S. G. Svyaz pokazateley pozharney opasnosti s khimicheskim stroeniyem. V. Karbonovyye kisloty [Correlation of Fire Hazard Characteristics with Chemical Structure. V. Carboxylic acids]. *Pozharovryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 7, pp. 35–46. Available at: <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1008238> (Accessed 20 January 2013).
6. Alexeev K. S., Barbin N. M., Alexeev S. G. Svyaz pokazateley pozharney opasnosti s khimicheskim stroeniyem. VI. Aldegidy [Correlation of Fire Hazard Characteristics with Chemical Structure. VI. Aldehydes]. *Pozharovryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 9, pp. 29–37. Available at: <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1008238> (Accessed 20 January 2013).
7. Alexeev S. G., Barbin N. M., Smirnov V. V. Svyaz pokazateley pozharney opasnosti s khimicheskim stroeniyem. VII. Nitroalkany [Correlation of Fire Hazard Characteristics with Chemical Structure. VII. Nitroalkanes]. *Pozharovryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 12, pp. 22–24. Available at: <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1080352> (Accessed 20 January 2013).
8. Alexeev S. G., Alexeev K. S., Barbin N. M. Svyaz pokazateley pozharney opasnosti s khimicheskim stroeniyem. VIII. Slozhnyye efiry (chast 1) [Correlation of Fire Hazard Characteristics with Chemical Structure. VIII. Esters (Part 1)]. *Pozharovryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 1, pp. 31–57.
9. Smirnov V. V., Alexeev S. G., Barbin N. M. Svyaz pokazateley pozharney opasnosti s khimicheskim stroeniyem. IX. Khloralkany [Correlation of Fire Hazard Characteristics with Chemical Structure. IX. Chloralkanes]. *Pozharovryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 4, pp. 13–21.
10. Chemical Database DIPPR 801. Available at: <http://www.aiche.org/dippr> (Accessed 15–25 November 2011).
11. Akron University database. Available at: <http://ull.chemistry.uakron.edu/erd> (Accessed 15–25 November 2011).
12. Sigma-Aldrich database. Available at: <http://www.sigma-aldrich.com/catalog> (Accessed 20–25 October 2011).
13. Korolchenko A. Ya., Korolchenko D. A. *Pozharovryvopasnost veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya: spravochnik* [Fire and explosive hazard of compounds and materials, and their fire extinguishing means. Handbook]. Moscow, Pozhnauka Publ., 2004, vol. 1. 713 p.
14. Korolchenko A. Ya., Korolchenko D. A. *Pozharovryvopasnost veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya: spravochnik* [Fire and explosive hazard of compounds and materials, and their fire extinguishing means. Handbook]. Moscow, Pozhnauka Publ., 2004, vol. 2. 774 p.
15. Alexeev K. S., Barbin N. M., Alexeev S. G. Pokazateli pozharney opasnosti i effektye polozheniya funktsionalnoy gruppy [Indices of fire hazard and the effect of a functional group]. *Trudy IV Vserossiyskoy konferentsii i XIV shkoly molodykh uchenykh “Bezopasnost kriticheskikh infrastruktur i territoriy”* [Proc. IV All Russian Conf. and XIV School of Young Scientists “Safety of Critical Infrastructures and Territories”]. Ekaterinburg, 2011, pp. 80–81.

Из пожарно-технического энциклопедического словаря

ТЕМПЕРАТУРА — физическая величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия макроскопической системы. Температура одинакова для всех частей изолированной системы, находящейся в равновесии термодинамическом. Если изолированная система не находится в равновесии, то с течением времени переход энергии (теплопередача) от более нагретых частей системы к менее нагретым приводит к выравниванию температуры во всей системе (первый постулат, или нулевое начало термодинамики).

ТЕМПЕРАТУРА КИПЕНИЯ — температура равновесного перехода жидкости в пар при постоянном внешнем давлении. При температуре кипения давление насыщенного пара над плоской поверхностью жидкости становится равным внешнему давлению, вследствие чего по всему объему жидкости образуются пузырьки насыщенного пара. Температура кипения — частный случай температуры фазового перехода I рода. Зависимость температуры кипения от давления для воды позволяет по определенному экспериментальному значению температуры кипения найти значение атмосферного давления и высоту места, где была определена температура кипения, над уровнем моря.

ТЕМПЕРАТУРА ПЛАВЛЕНИЯ — температура равновесного фазового перехода кристаллического (твердого) тела в жидкое состояние при постоянном внешнем давлении. Температура плавления — частный случай температуры фазового перехода I рода.

О. В. КИРИЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент кафедры пожарной профилактики, Академия пожарной безопасности им. Героев Чернобыля МЧС Украины (Украина, г. Черкассы, 18034, ул. Оноприенко, 8; e-mail: okskir@meta.ua)

УДК 614.841:536.46

СКОРОСТЬ И ПРЕДЕЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ГОРЕНИЯ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ ПИРОТЕХНИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Представлены результаты экспериментальных исследований влияния повышенных температур нагрева и внешних давлений на скорость развития процесса горения пиротехнических нитратно-магниевых смесей (на основе уплотненных смесей из порошков металлических горючих и нитратсодержащих окислителей (например, смесей магний + нитрат натрия + добавка органических веществ — парафина, стеарина, нафталина, антрацена) для различных диапазонов изменения соотношения компонентов и их дисперсности. В результате анализа экспериментальных исследований определены концентрационные пределы горения пиротехнических нитратных систем; определено влияние коэффициента избытка окислителя, дисперсности металлического горючего и окислителя, температуры нагрева и количества добавки органических веществ на зависимость скорости горения от внешнего давления.

Ключевые слова: пиротехнические изделия; нитратно-магниево-органические смеси; процессы горения смесей.

Введение

Пиротехнические изделия различного назначения (осветительные, трассирующие средства, пиротехнические ИК-излучатели, фейерверочные составы и др. [1–4]) на основе уплотненных смесей из порошков металлических горючих и нитратсодержащих окислителей (например, смесей магний + нитрат натрия + добавка органических веществ (парафина, стеарина, нафталина, антрацена)) на практике подвергаются разного рода тепловым воздействиям (при возгорании складских помещений, где хранятся пиротехнические изделия, снаряженные зарядами рассматриваемых смесей; в условиях транспортировки при интенсивном конвективном нагреве их поверхностей или при аэродинамическом нагреве металлических оболочек изделий при выстреле и полете). В результате под действием внешних тепловых потоков на металлические корпуса изделий происходит их перегрев, что приводит к преждевременному возгоранию и развитию процесса горения смесей в условиях возрастающих температур и внешних давлений. Это приводит к преждевременному срабатыванию изделий (рис. 1), их разрушению с образованием высокотемпературных продуктов сгорания, которые разлетаются в разные стороны с большими скоростями и являются пожароопасными для окружающих объектов [5, 6].

В настоящее время отсутствуют систематизированные исследования влияния указанных условий на скорость, формирование и развитие предельных взрывоопасных режимов горения смесей, что затруд-

няет формирование базы данных по пожароопасным свойствам пиротехнических смесей в условиях различных внешних воздействий.

Целью данной работы является изучение влияния повышенных температур нагрева T_0 (К) и внешних давлений P (Па) на скорость и пределы горения уплотненных смесей из порошков магния и нитрата натрия с добавками органических веществ (парафина, нафталина, антрацена и стеарина) при широком диапазоне изменения технологических параметров, используемых в пиротехническом производстве (коэффициент избытка окислителя α , относительное массовое содержание органической добавки ε , средний размер частиц порошка металлического горючего d_m (мкм) и окислителя d_N (мкм)). Эти параметры определяют предельные, устойчивые режимы горения смесей, отклонение от которых приводит к неуправляемому развитию процесса их горения (резкое возрастание скорости горения или ее существенное снижение вплоть до прекращения горения).

Постановка задачи

Исследование скорости и предельных режимов горения пиротехнических смесей проводилось на стандартном метрологически аттестованном оборудовании [4, 7], моделирующем процесс горения смесей в условиях повышенных температур нагрева и внешних давлений, которые являются основными факторами внешних тепловых воздействий.

Методика исследований

Компоненты смесей изготавливались по технологии, принятой в пиротехническом производстве [1, 3]. Образцы смесей получали прессованием (с коэффициентом уплотнения $K_y = 0,96 \dots 0,98$) в металлические оболочки диаметром $2 \cdot 10^{-2}$ м и толщиной $8 \cdot 10^{-4}$ м; при этом высота запрессовок $h = (3 \dots 4) \cdot 10^{-2}$ м. Использовались смеси с коэффициентом избытка окислителя $\alpha = 0,05 \dots 0,6$, относительным массовым содержанием добавки органического вещества в смеси $\varepsilon = 0,05 \dots 0,20$, дисперсностью компонентов $d_m = 74,5 \dots 305$ мкм и $d_N = 50 \dots 220$ мкм.

Коэффициент избытка окислителя α определялся по формуле

$$\alpha = \frac{\zeta_{ок}/\zeta_{г}}{(\zeta_{ок}/\zeta_{г})_{ст}},$$

где $\zeta_{ок}$, $\zeta_{г}$ — относительные массовые доли соответственно окислителя и металлического горючего в данной смеси;

“ст” — индекс, обозначающий стехиометрическое соотношение компонентов.

Значения $\alpha < 1$ соответствуют переобогащению смеси металлическим горючим, а $\alpha > 1$ — избыточному содержанию в смеси окислителя.

Скорость горения u (м/с) образцов смесей измерялась бесконтактными методами с использованием фотодатчиков ФД-1, ФД-2, ФД-3а [3, 4], которые позволяют регистрировать начало и конец горения образца высотой h и находить среднее значение скорости горения по формуле

$$u = h/t,$$

где t — время сгорания образца.

При этом одновременное сжигание в одинаковых условиях трех образцов смеси (что предусмотрено в используемом пиротехническом оборудовании) позволило снизить погрешность определения

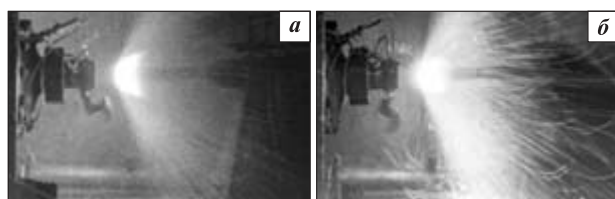


Рис. 1. Кинокадры съемки кинокамерой “Конвас-автомат” (со скоростью 30 кадров в 1 с [3, 4]) общей картины срабатывания пиротехнических изделий при преждевременном возгорании зарядов смесей в условиях внешних воздействий путем ИК-нагрева изделий кварцевыми лампами типа КГМ-220-1000-1 с применением управляемых термодатчиков РИФ-101 для контроля температуры поверхности изделий в диапазоне $300 \dots 1500$ К: а — смеси стехиометрического состава ($\alpha = 1$); б — смеси с избытком металлического горючего вблизи верхнего концентрационного предела горения ($\alpha < 1$)

скорости ее горения до $2 \dots 3$ %. Для нахождения концентрационных пределов горения по α (верхних концентрационных $\alpha_{впг}$ и нижних концентрационных $\alpha_{нпг}$ ($\alpha_{впг} < 1 < \alpha_{нпг}$)) использовались переходные смеси, состоящие из тех же компонентов, что и основные, но с меньшим избытком магния (при определении $\alpha_{впг}$) или с его большим содержанием (при определении $\alpha_{нпг}$).

Верхний концентрационный предел горения $\alpha_{впг}$ — максимально допустимое содержание металлического горючего в смеси, при котором процесс горения еще имеет устойчивый характер; нижний концентрационный предел горения $\alpha_{нпг}$ — максимальное содержание окислителя в смеси, при котором процесс горения еще не затухает.

При этом для определения $\alpha_{впг}$, как и для $\alpha_{нпг}$, использовалась следующая формула:

$$\zeta_{впг(нпг)} = \frac{\zeta_{м1} + \zeta_{м2}}{2}, \quad (1)$$

где $\zeta_{впг(нпг)}$ — относительное массовое содержание алюминия в смеси, что соответствует $\alpha_{впг(нпг)}$;

$\zeta_{м1}$ — относительное массовое содержание магния, при котором уже не горит ни один из взятых для исследования образцов;

$\zeta_{м2}$ — относительное массовое содержание магния, при котором еще сгорают все образцы.

Результаты исследований и их анализ

В результате экспериментальных исследований установлено, что для рассматриваемых рабочих диапазонов изменения технологических параметров (коэффициента избытка окислителя, содержания органической добавки и дисперсности порошков металлического горючего и окислителя) и внешних факторов (температуры нагрева, внешнего давления) концентрационные пределы горения смесей $\alpha_{впг}$ и $\alpha_{нпг}$ составляют: $\alpha_{впг} = 0,1 \dots 0,15$ и $\alpha_{нпг} = 5,0 \dots 5,5$.

С целью исследования общего характера поведения зависимостей $u(T_0)$ для смесей при рассматриваемых значениях технологических параметров и внешних факторов указанные зависимости исследовались в диапазоне изменения α : $\alpha_{впг} < \alpha < \alpha_{нпг}$. Это было обусловлено тем, что на практике смеси со значениями α , близкими к $\alpha_{впг}$ или $\alpha_{нпг}$, не применяют вследствие их явной нестабильности в условиях внешних воздействий.

Все установленные ниже закономерности характера поведения зависимостей $u(T_0)$ получены впервые и могут быть использованы в качестве составной части общей базы данных по формированию пожароопасных свойств смесей в условиях внешних воздействий.

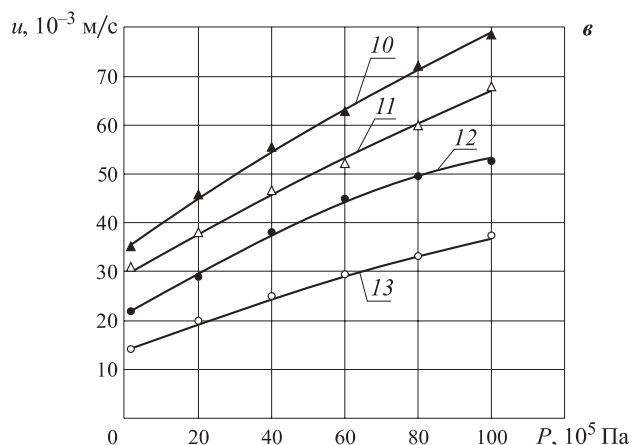
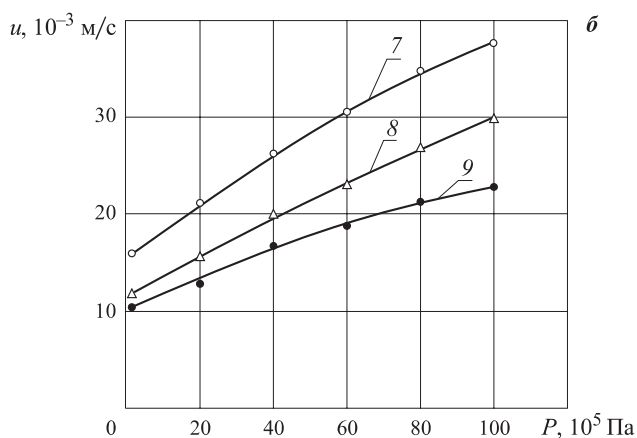
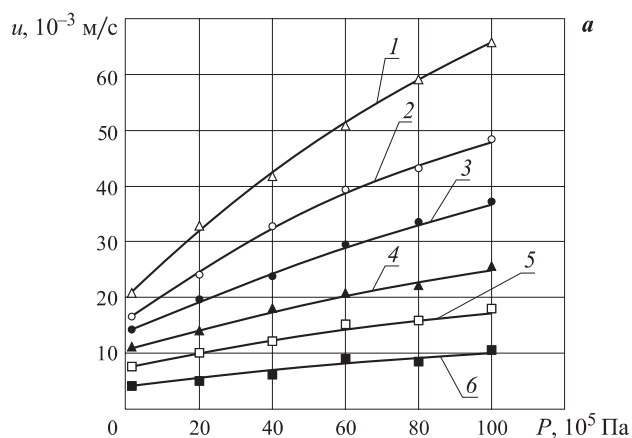


Рис. 2. Влияние коэффициента избытка окислителя с $d_N = 106$ мкм (а), дисперсности порошка металлического горючего (б) и температуры нагрева (в) на зависимость скорости горения смесей магний + нитрат натрия от внешнего давления: а — $d_m = 74,5$ мкм, $T_0 = 293$ К, $\alpha = 0,25$ (1), 0,5 (2), 1,0 (3), 1,5 (4), 2,0 (5), 3,0 (6); б — $\alpha = 1,0$, $T_0 = 293$ К, $d_m = 74,5$ мкм (7), 182 мкм (8), 305 мкм (9); в — $\alpha = 1,0$, $d_m = 74,5$ мкм, $T_0 = 800$ К (10), 700 К (11), 500 К (12), 300 К (13)

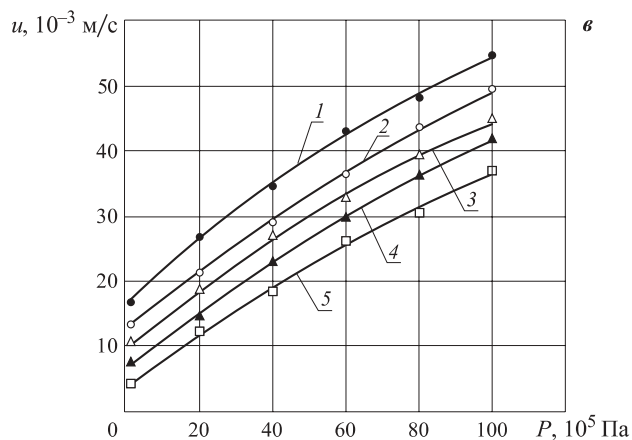
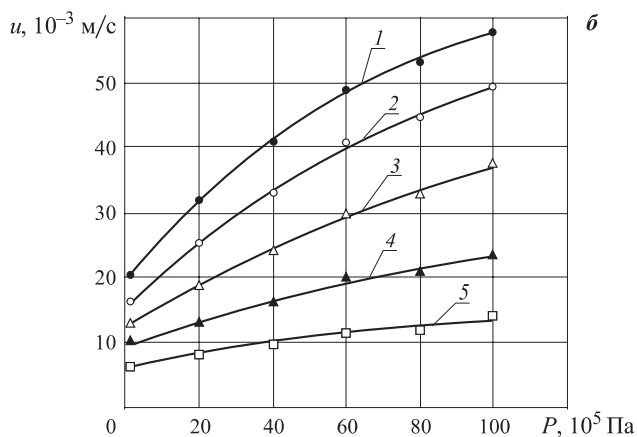
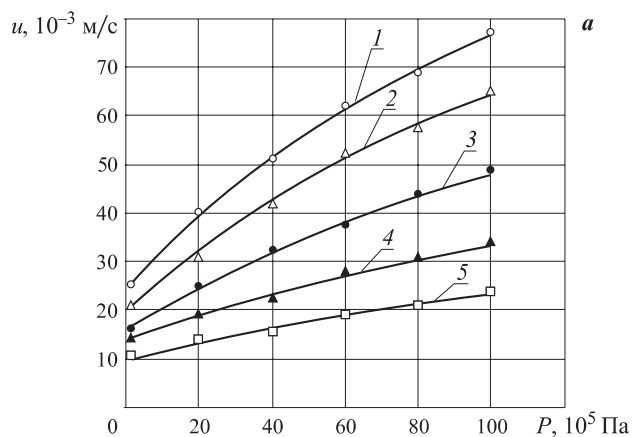


Рис. 3. Влияние дисперсности порошка окислителя на зависимость скорости горения смесей магний + нитрат натрия от внешнего давления для коэффициента избытка окислителя $\alpha = 0,25$ (а), 0,5 (б) 0,55...0,60 (в) ($d_m = 74,5$ мкм, $T_0 = 293$ К): 1 — $d_N = 50$ мкм; 2 — $d_N = 106$ мкм; 3 — $d_N = 117,5$ мкм; 4 — $d_N = 142,5$ мкм; 5 — $d_N = 220$ мкм

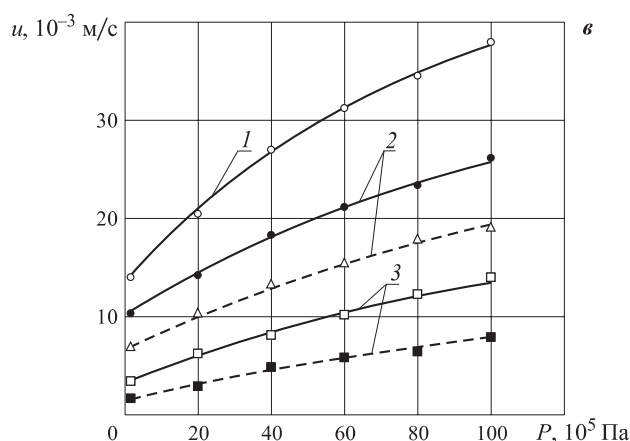
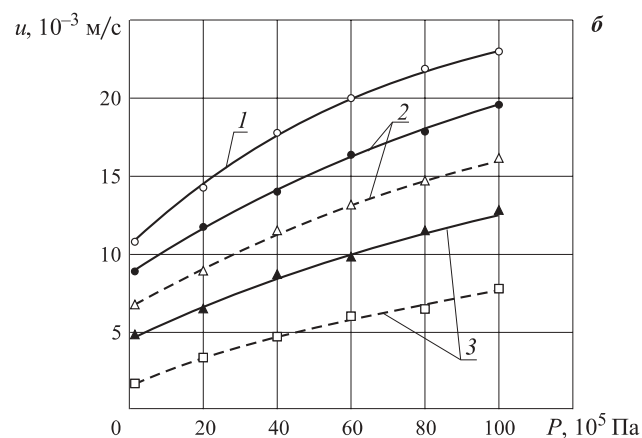
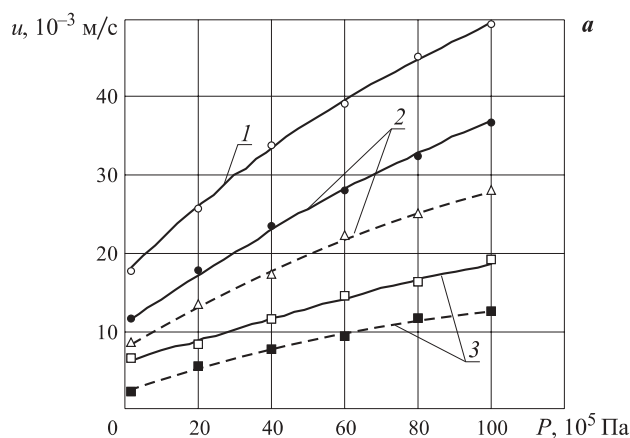


Рис. 4. Влияние добавок органических веществ на зависимость скорости горения смесей магний + нитрат натрия от внешнего давления ($d_m = 74,5$ мкм, $T_0 = 293$ К; $d_N = 106$ мкм): а — добавки парафина (2) и стеарина (3) при $\alpha = 0,5$; б — добавки нафталина (2) и антрацена (3) при $\alpha = 1,5$; в — добавки парафина (2) и стеарина (3) при $\alpha = 1,0$; 1 — смесь без добавок; — — — $\varepsilon = 0,05$; - - - $\varepsilon = 0,20$

Влияние коэффициента избытка окислителя, дисперсности металлического горючего и окислителя, температуры нагрева и количества добавки органических веществ на зависимость скорости горения от внешнего давления

Из данных, приведенных на рис. 2–4, видно следующее. Увеличение внешнего давления P от 10^5 до 10^7 Па приводит к возрастанию скорости горения в 1,6...3,5 раза; при этом с увеличением параметра P зависимость $u(P)$ усиливается в 1,2...1,4 раза. Увеличение коэффициента избытка окислителя α вызывает заметное снижение скорости горения и ослабление зависимости $u(P)$ для всего диапазона изменения внешнего давления: при увеличении α от 0,25 до 3,0 скорость горения уменьшается в 3,7...5,2 раза, а зависимость $u(P)$ ослабляется в 2,3...2,6 раза. Увеличение дисперсности порошка металлического горючего d_m вызывает снижение скорости горения и ослабление зависимости $u(P)$: увеличение значений d_m от 74,5 до 305 мкм вызывает уменьшение скорости горения в 1,5...1,8 раза и ослабление зависимости $u(P)$ в 1,2...1,6 раза. Изменение дисперсности порошка окислителя d_N существенно влияет на скорость горения и характер зависимости $u(P)$ только в определенных диапазонах изменения α : уменьшение параметра d_N от 220 до 50 мкм вызывает возрастание скорости горения в 2,6...3,3 раза и усиление

зависимости $u(P)$ в 1,8...2,0 раза только при $\alpha = 0,25...0,55$, а при $\alpha > 0,55...0,56$ скорость горения и характер зависимости $u(P)$ становятся практически не зависящими от величины d_N . Повышение температуры нагрева вызывает существенное возрастание скорости горения и усиление зависимости $u(P)$ для всех исследованных диапазонов изменения параметров α , d_m и d_N : изменение температуры нагрева от 300 до 800 К влечет за собой возрастание скорости горения в 2,2...2,6 раза и усиление зависимости $u(P)$ в 1,4...1,7 раза. Введение в смесь добавок парафина, стеарина, нафталина и антрацена вызывает значительное снижение скорости горения и некоторое ослабление зависимости $u(P)$: увеличение количества добавки до $\varepsilon = 0,20$ вызывает уменьшение скорости горения для добавки парафина в 1,8...2,2 раза, стеарина — в 2,6...3,7 раза, нафталина — в 1,3...1,5 раза и антрацена — в 2,2...3,2 раза, а также приводит к ослаблению зависимости $u(P)$ в 1,2...1,3 раза независимо от природы добавки.

Заключение

На основе анализа результатов экспериментальных исследований установлены следующие новые закономерности:

а) определены концентрационные пределы горения $\alpha_{\text{ВПГ}} = 0,1...0,15$ и $\alpha_{\text{НПГ}} = 5,0...5,5$, при которых

процесс горения смесей является устойчивым и квазистационарным;

б) возрастание параметров P и T_0 приводит к значительному увеличению скорости горения и усилению зависимостей $u(P)$ и $u(T_0)$; при этом увеличение содержания окислителя в смеси от $\alpha_{\text{ВПГ}}$ до $\alpha_{\text{НПГ}}$ и дисперсности d_m приводит к существенному снижению скорости горения и ослаблению зависимостей $u(P)$ и $u(T_0)$; увеличение параметра d_N вызывает существенное уменьшение скорости горения и ослабление зависимостей $u(P)$ и $u(T_0)$ только при $\alpha < 0,50 \dots 0,55$, а при $\alpha \geq 0,55 \dots 0,56$ параметр d_N уже не влияет на скорость горения; введение в смесь добавок парафина, стеарина, нафталина и антрацена

приводит к значительному уменьшению скорости горения и незначительному ослаблению зависимостей $u(P)$ и $u(T_0)$.

В дальнейших исследованиях планируется рассмотреть вопросы теоретического анализа и моделирования процесса горения трехкомпонентных пиротехнических смесей металл + окислитель + органическая добавка с целью прогнозирования допустимых диапазонов изменения технологических параметров исходной смеси (соотношения компонентов и их дисперсности) и факторов внешних воздействий (температуры нагрева, внешнего давления), которые не приводят к возникновению неустойчивых, взрывоопасных режимов развития горения смесей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Шидловский А. А. Основы пиротехники. — М. : Машиностроение, 1973. — 320 с.
2. Шидловский А. А., Сидоров А. И., Силин Н. А. Пиротехника в народном хозяйстве. — М. : Машиностроение, 1978. — 231 с.
3. Силин Н. А., Ващенко В. А., Кашипов Л. Я. Горение металлизированных гетерогенных конденсированных систем. — М. : Машиностроение, 1982. — 232 с.
4. Ващенко В. А., Кириченко О. В., Лега Ю. Г., Заика П. И., Яценко И. В., Цыбулин В. В. Процессы горения металлизированных конденсированных систем. — К. : Наукова думка, 2008. — 745 с.
5. Кириченко О. В. Определение участков на поверхности металлических корпусов пиротехнических изделий, подвергающихся разрушениям в условиях эксплуатации // Вісник Черкаського державного технологічного університету. — 2008. — № 1. — С. 149–154.
6. Кириченко О. В. Повышение эффективности пиротехнических нитратосодержащих изделий в условиях их применения // Вісник Черкаського державного технологічного університету. — 2009. — № 2. — С. 89–94.
7. Кириченко О. В., Ващенко В. А., Акинъшин В. Д., Цыбулин В. В., Яценко И. В. Комплекс испытательных установок, моделирующих реальные условия применения пиротехнических нитратосодержащих изделий // Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки. — 2009. — Т. 19, № 1. — С. 127–137.

Матеріал надійшов в редакцію 17 січня 2013 г.

English

SPEED AND MAXIMUM MODES BURNING OF THREE-COMPONENT PYROTECHNIC MIXTURES UNDER THE CONDITIONS OF THE EXTERNAL INFLUENCES

KIRICHENKO O. V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Fire Preventive Maintenance Department, Academy of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of Ministry of Emergencies of Ukraine (Onoprienko St., 8, Cherkasy, 18034, Ukraine; e-mail address: okskir@meta.ua)

ABSTRACT

Discusses the pyrotechnic products of various purpose (lighting, tracer tools, pyrotechnic IR-emitters, fireworks compositions) based on compacted mixtures from powders of metal fuel and nitrate-containing oxidants (for example, mixtures of magnesium + sodium nitrate + supplement of organic substances (paraffin, stearin, naphthalene, anthracene), who are exposed to all sorts of thermo-influences (in fire warehouse that stores pyrotechnic products, filled with charges of mixtures; in conditions of transportation under intense convective heating of their surfaces; when aerodynamic heating

of metal shells with shot and flight). Under the influence of external heat flow on the metal casing of products they are overheating, which leads to premature ignition and combustion of pyrotechnic mixtures under conditions of increasing temperature and external pressure, that leads to premature triggering products and their destruction.

The results of experimental research of influence of high temperature heating and external pressures to speed the process of burning pyrotechnic nitrate-magnesium mixtures for different ranges of changing the ratio of components and their dispersion submitted.

As a result of analysis of experimental studies, identified concentration limits burning pyrotechnic nitrate systems, which combustion of mixtures is sustainable and quasi-stationary; influence of coefficient of excess oxidizer on the speed of combustion pyrotechnic nitrate-magnesium mixtures; influence of dispersion of metallic fuel and oxidizer on the speed of combustion systems; influence of heating temperature and additives of organic substances on dependence of speed of the burning from external pressure.

Keywords: pyrotechnic wares, nitrate-magnesium mixtures, processes of burning of mixtures.

REFERENCES

1. Shidlovskiy A. A. *Osnovy pirotekhniki* [Bases of pyrotechnics]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 1973. 320 p.
2. Shidlovskiy A. A., Sidorov A. I., Silin N. A. *Pirotekhnika v narodnom khozyaystve* [Pyrotechnics in the national economy]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 1978. 231 p.
3. Silin N. A., Vashchenko V. A., Kashporov L. Ya. *Goreniye metallizirovannykh geterogennykh kondensirovannykh sistem* [Combustion of the metalized heterogeneous condensed systems]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 1982. 232 p.
4. Vashchenko V. A., Kirichenko O. V., Lega Yu. G., Zaika P. I., Yatsenko I. V., Tsybulin V. V. *Protsessy goreniya metallizirovannykh kondensirovannykh sistem* [Processes of the combustion of the metalized condensed systems]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 2008. 745 p.
5. Kirichenko O. V. *Opredeleniye uchastkov na poverkhnosti metallicheskih korpusov pirotekhnicheskikh izdeliy, podvergayushchikhsya razrusheniyam v usloviyakh ekspluatatsii* [Determination of sections on the surface of the metal housings of the pyrotechnic articles, which are undergone destruction under operating conditions]. *Visnyk Cherkaskogo Derzhavnogo Tekhnologichnogo Universytetu — Bulletin of Cherkasy State Technological University*, 2008, no. 1, pp. 149–154.
6. Kirichenko O. V. *Povysheniye effektivnosti pirotekhnicheskikh nitratosoderzhashchikh izdeliy v usloviyakh ikh primeneniya* [Increase in the effectiveness of pyrotechnic nitrate-containing articles under the conditions for their application]. *Visnyk Cherkaskogo Derzhavnogo Tekhnologichnogo Universytetu — Bulletin of Cherkasy State Technological University*, 2009, no. 2, pp. 89–94.
7. Kirichenko O. V., Vashchenko V. A., Akinshin V. D., Tsybulin V. V., Yatsenko I. V. *Kompleks ispytatelnykh ustanovok, modeliruyushchikh realnyye usloviya primeneniya pirotekhnicheskikh nitratosoderzhashchikh izdeliy* [Complex of the testing units, which simulate the real conditions of applying the pyrotechnic nitrate-containing articles]. *Naukovyy Visnyk Ukrainskogo Naukovo-Doslidnogo Instytutu Pozhezhnoi bezpeky — Scientific Bulletin of the Ukrainian Scientific-Research Institute of Fire Safety*, 2009, vol. 19, no. 1, pp. 127–137.

Н. И. ШВЕЦ, канд. техн. наук, начальник сектора лаборатории "Полимерные связующие для неметаллических материалов и специальные жидкости", ФГУП "Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов" ГНЦ РФ (Россия, 105005, г. Москва, ул. Радио, 17; e-mail: shvecni@viam.ru)

О. Б. ЗАСТРОГИНА, канд. техн. наук, заместитель начальника лаборатории "Полимерные связующие для неметаллических материалов и специальные жидкости", ФГУП "Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов" ГНЦ РФ (Россия, 105005, г. Москва, ул. Радио, 17; e-mail: zastroginaob@viam.ru)

С. Л. БАРБОТЬКО, канд. техн. наук, начальник лаборатории "Исследование неметаллических материалов на климатическую, микробиологическую стойкость и пожаробезопасность", ФГУП "Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов" ГНЦ РФ (Россия, 105005, г. Москва, ул. Радио, 17; e-mail: slbarbotko@yandex.ru)

В. М. АЛЕКСАШИН, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, ФГУП "Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов" ГНЦ РФ (Россия, 105005, г. Москва, ул. Радио, 17; e-mail: vmaleks@akado.ru)

УДК 678.049:541.126

ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНОЕ СВЯЗУЮЩЕЕ ПОНИЖЕННОЙ ГОРЮЧЕСТИ

Исследована взаимосвязь состава фенолформальдегидного связующего, термоокислительной устойчивости получаемого при его отверждении сшитого полимера и тепловыделения при горении стеклотекстолита на его основе. Установлено, что связующее на основе резольной и новолачной смол обеспечивает получение стеклотекстолита, полностью отвечающего нормам летной годности по горючести, дымообразованию и тепловыделению при горении. Показано, что дополнительное введение в него очень малых количеств платинохлористоводородной кислоты повышает выход кокса при термоокислительной деструкции полимера и снижает тепловыделение при горении стеклотекстолита на его основе.

Ключевые слова: фенолформальдегидное связующее; термоокислительная устойчивость; антипирен; стеклотекстолит; тепловыделение при горении.

Благодаря сочетанию способности к образованию при горении коксового остатка и сравнительно невысокой стоимости фенольные смолы до настоящего времени находят широкое применение при получении пожаробезопасных материалов, используемых в интерьере транспортных средств в автомобиле- и судостроении, авиации и на железнодорожном транспорте [1, 2].

Предъявляемые к ним требования и методы оценки их пожаробезопасности согласно нормам Авиационных правил АП-25 [3] подробно описаны в [4].

Согласно АП-25 материалы и элементы конструкций (панели стен, потолка и перегородок пассажирского салона), используемые для отделки интерьера пассажирских салонов самолетов, должны отвечать требованиям по пожарной безопасности, изложенным в п. 25.853(а), (d) [3]:

- по горючести: продолжительность остаточного горения — не более 15 с, длина прогорания — не более 152 мм (метод испытаний согласно приложению F, ч. I);
- по дымообразованию: дымообразующая способность в режиме горения за 4 мин D_4 — не более

200 (метод испытаний согласно приложению F, ч. V, ГОСТ 24632–81);

- по тепловыделению: максимальная скорость тепловыделения — не более 65 кВт/м²; общее количество тепла, выделившегося за первые 2 мин испытания, — не более 65 кВт·мин/м² (метод испытаний согласно приложению F, ч. IV).

Материалы на основе жидких резольных смол в соответствии с перечисленными требованиями международных авиационных норм АП-25 (РФ, страны бывшего СССР), FAR-25 (США), CS-25 (Евросоюз) являются самозатухающими и слабодымящими [5].

Наиболее широко для отделки интерьера пассажирских самолетов используются трехслойныеотовые панели, изготовленные с использованием связующих на основе фенолформальдегидных смол. Они имеют небольшую продолжительность остаточного горения (0–3 с) и незначительную дымообразующую способность (оптическая плотность дыма за 4 мин не более 20).

Для обеспечения высоких характеристик по пожаробезопасности в состав фенольных связующих дополнительно вводят антипирены, наиболее эффек-

тивными из которых являются фосфорсодержащие. В Российской Федерации в качестве фосфорсодержащих антипиренов широкое распространение получили оксиалкилированные фосфонаты различных полиолов. Основой для их производства является дихлорангидрид метилфосфоновой кислоты, в настоящее время включенный в список 2 “Конвенции о запрещении химического оружия”, поэтому его производство прекращено.

Настоящая работа посвящена поиску путей получения фенолформальдегидного связующего, не содержащего фосфорорганических антипиренов, и исследованию взаимосвязи состава связующего, термоокислительной устойчивости образующегося сшитого полимера и тепловыделения при горении стеклотекстолита на его основе.

Полимерная основа исследуемого связующего состоит из двух фенолформальдегидных смол: жидкой смолы резольного типа ФС-117А, содержащей низкомолекулярный олигомер с молекулярной массой 250–350, 20 % метилольных групп и 10 % свободного фенола, и твердой новолачной смолы СФ-014, содержащей менее 1,5 % свободного фенола.

Из анализа теплового и материального баланса процесса горения известно, что для снижения показателей тепловыделения при горении необходимо снизить теплоту сгорания полимера, уменьшить полноту сгорания или обеспечить увеличение тепловых потерь. Это может быть достигнуто за счет введения в состав полимера дополнительных веществ (антипиренов), разлагающихся с эндотермическим эффектом и/или снижающих полноту сгорания за счет поглощения свободных радикалов в реакциях окисления, изменения направления процессов термоокислительной деструкции, приводящих к увеличению выхода кокса и снижению доли горючих летучих продуктов, а также за счет использования теплозащитных покрытий или элементов структуры полимерных композиционных материалов [6, 7]. Кроме того, как было показано ранее [8], одним из возможных путей уменьшения тепловыделения при горении является повышение термостойкости полимерной матрицы.

Известно, что комплексные соединения платины, вводимые в очень малых количествах (содержание платины в полимере $(1 \div 150) \cdot 10^{-7} \%$), снижают горючесть полиорганосилоксановых каучуков [9]. Причиной этого является образование в процессе термической деструкции при температуре 400–500 °С поперечных метиленовых и силоксановых связей, препятствующих деполимеризации каучука.

В данной работе исследована возможность применения очень малых добавок платинохлористоводородной кислоты (П-1) для повышения термоокислительной устойчивости сополимера, образующегося

после отверждения фенолформальдегидного связующего, и пожарной безопасности материала на его основе.

Экспериментальная часть

Температурный интервал отверждения связующего определяли с помощью метода дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) на приборе DSC 204F (производитель NETZSCH, Германия). Режим испытаний: скорость нагрева — 5 °С/мин, атмосфера — воздух; навеска — 1,71 мг.

Степень отверждения оценивали по выходу нерастворимого полимера после экстракции ацетоном растворимой части из отвержденного образца связующего.

Влияние П-1 на термоокислительную устойчивость отвержденного полимера исследовали методом дифференциального термогравиметрического анализа (ДТГА):

- в условиях, обеспечивающих преобладающее протекание термоокислительной деструкции (I), — на приборе TGA/SDTA 851 (производитель Mettler Toledo, Швейцария). Режим испытаний: динамический нагрев — от 25 до 1000 °С со скоростью 10 °С/мин; скорость продувки воздухом — 50 мл/мин, навеска — 5 мг;
- в условиях протекания как термоокислительной, так и термической деструкции отвержденного связующего (II), — на дериватографе Q-1500. Режим испытаний: динамический нагрев — от 25 до 850 °С со скоростью 10 °С/мин, атмосфера — воздух (без дополнительной продувки), навеска — 500 мг.

Для определения характеристик пожаробезопасности были изготовлены образцы стеклотекстолита с содержанием связующего 37 %. Пропиткой связующим стеклоткани марки Т-15(П)–76 (ТУ 6-48-107–94) получали препрег, а затем в условиях прессового формования из двух слоев препрега при удельном давлении прессования 0,3 МПа и ступенчатом подъеме температуры от 90 до 160 °С в течение 4 ч изготавливали стеклопластик. Определение характеристик пожаробезопасности — горючести, дымообразующей способности и тепловыделения производили методами в соответствии с АП-25 [3].

Для определения горючести образцы размером 290×75 мм испытывали в вертикальном положении. Воспламенение производили с нижней кромки образца пламенем лабораторной газовой горелки Бунзена: высота пламени — 38 мм, продолжительность воздействия — 60 с. По результатам испытаний определяли продолжительность остаточного (самостоятельного) горения (тления) образцов после удаления источника воспламенения, наличие и продолжительность горения падающих капель, максимальную длину поврежденной части.

Дымообразующую способность образцов оценивали по удельной оптической плотности дыма (рассчитываемой на 1 м^2 поверхности образца), образующегося в объеме камеры при термическом разложении образца заданного размера ($75 \times 75 \text{ мм}$). Испытания проводили в дымовой камере марки SD-1 (производитель Govmark, США). Режимы испытаний — пиролиз и горение. В условиях пиролиза на образцы воздействовал только тепловой поток заданной интенсивности, в условиях горения — тепловой поток и пламя пилотной горелки. Плотность падающего теплового потока на образец была всегда одинаковой и составляла 25 кВт/м^2 .

Определение тепловыделения проводили на прочном калориметре типа OSU марки HRR-3 (производитель Atlas Electric Devices, США). Условия испытаний: образцы размером $150 \times 150 \text{ мм}$; ориентация — вертикальная; тепловой поток на образец — 35 кВт/м^2 ; продолжительность экспозиции образца — 5 мин.

Обсуждение полученных результатов

Отверждение связующего, не содержащего П-1, протекает при температуре $120\text{--}180^\circ\text{C}$ с максимумом при 160°C (рис. 1). Нагревание в интервале $100\text{--}160^\circ\text{C}$ приводит к образованию сшитого сополимера, выход которого по результатам экстракции составляет $95\text{--}97\%$. Введение П-1 в состав олигомера не влияет на характер ДСК-кривых процесса отверждения (см. рис. 1) и не снижает глубину отверждения связующего.

Термоокислительная деструкция отвержденного фенолформальдегидного полимера в условиях I (рис. 2) протекает в два этапа с максимумами при 491 и 535°C соответственно и примерно с равными потерями массы, приводящими в итоге практически к полному разложению полимера (см. рис. 2).

Введение П-1 вносит определенные изменения в характер деструкции. На первом этапе с увеличением содержания П-1 от $0,03$ до $0,07\%$ возрастает скорость потерь массы полимера и снижается тепловой эффект реакции при сохранении интегральной величины потерь (табл. 1). На втором этапе в области $530\text{--}550^\circ\text{C}$ скорость потерь массы продуктов, образовавшихся в результате первого этапа деструкции, в два раза ниже, чем у сополимера, не содержащего добавки, хотя и в этом случае происходит полная деструкция полимера.

Можно предположить по аналогии с [9], что П-1 катализирует процесс термоокислительной деструкции фенолформальдегидного полимера в области $400\text{--}500^\circ\text{C}$ с образованием промежуточных продуктов, содержащих дополнительные межмолекулярные связи, благодаря чему скорость его деструкции в области $530\text{--}550^\circ\text{C}$ существенно ниже скорости разложения полимера, не содержащего П-1 (см. табл. 1). Обращает на себя внимание тот факт, что П-1 в количестве $0,07\%$ определяет не только специфику разложения на первом этапе, но и ускоряет его на втором. На это указывает некоторое повышение скорости потерь массы и увеличение теплового эффекта реакции.

Процесс разложения фенолформальдегидного полимера в условиях II (рис. 3), протекая в диффузионной области, является результатом как термической, так и термоокислительной деструкции и, вероятно, более приближен к реальным условиям деструкции полимера при пожаре. Скорость образования дополнительных межмолекулярных связей в этих условиях выше скорости образования низкомолекулярных продуктов окисления, что в результате приводит к образованию коксового остатка, выход которого при 800°C составляет 56% . Присут-

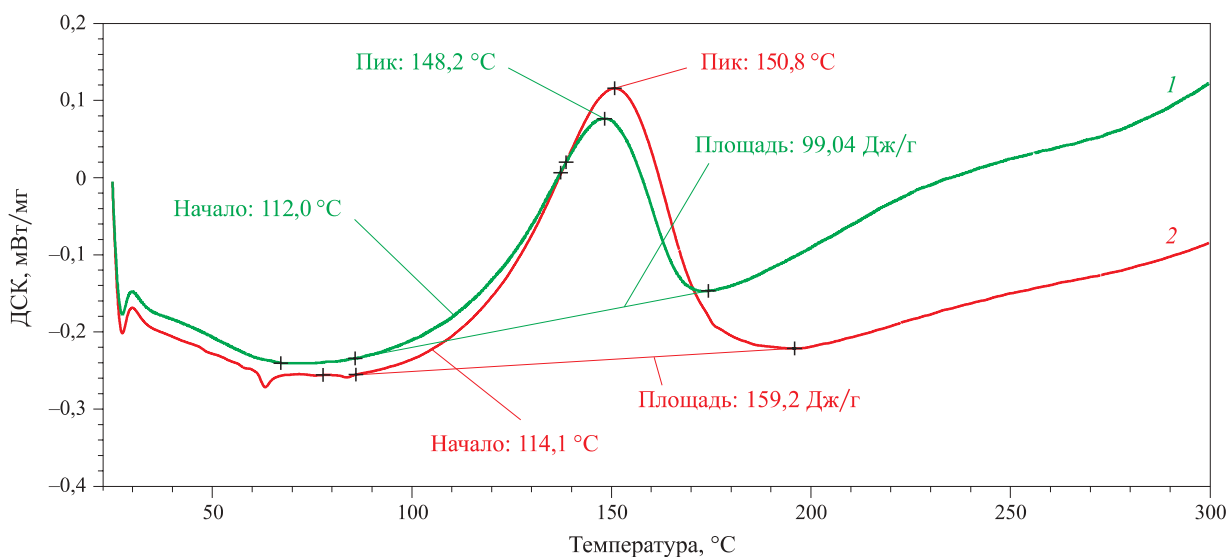


Рис. 1. ДСК-кривые процесса отверждения фенолформальдегидного связующего, модифицированного П-1 (1), и без добавки (2)

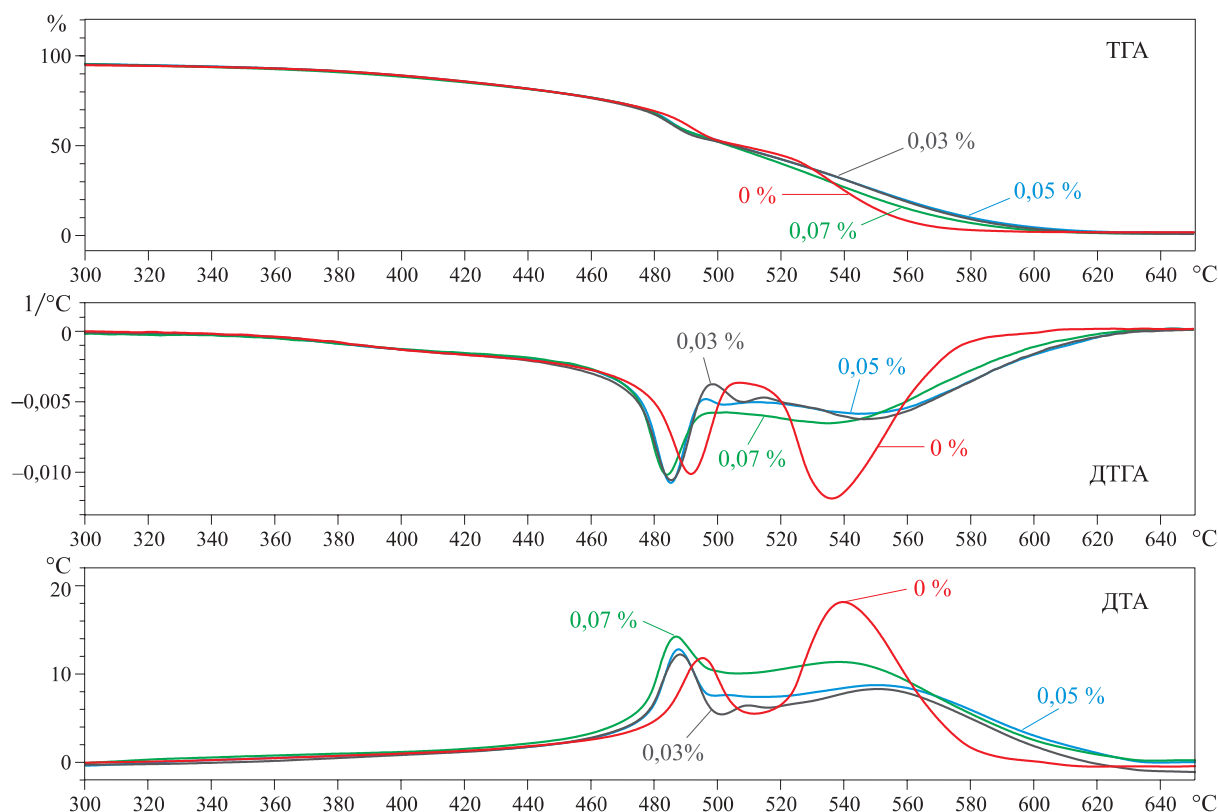


Рис. 2. Термоокислительная деструкция фенолформальдегидного сополимера без добавки и с добавкой 0,03; 0,05 и 0,07 % П-1

Таблица 1. Характеристики термоокислительной деструкции фенолформальдегидных полимеров

Добавка	Содержание добавки, % масс.	Температура максимума, °С, на этапе		Потеря массы, %, на этапе		Скорость потерь массы dm/dt , 10^2 г/°С, на этапе		Тепловой эффект, Дж/г, на этапе	
		1	2	1	2	1	2	1	2
—	—	491	535	52	47	1,07	1,21	980	6366
П-1	0,03	484	543	48	51	1,09	0,63	910	5668
	0,05	484	545	48	52	1,13	0,59	825	6245
	0,07	484	533	48	52	1,46	0,66	764	7258

ствие П-1 в количестве 0,03 % (или в пересчете на платину 0,011 %) (табл. 2) приводит к повышению температур $T_{5\%}$ и $T_{10\%}$, при которых происходит 5 и 10 % потерь массы полимера, на 50 и 90 °С соответственно и к увеличению выхода кокса до 65 %.

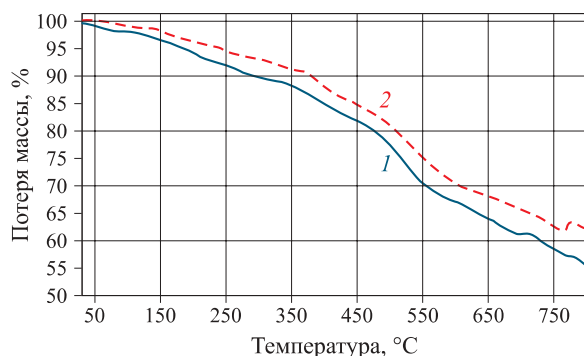


Рис. 3. Кривые динамического ТГА на воздухе отвержденного фенолформальдегидного сополимера: 1 — без добавки; 2 — с добавкой П-1

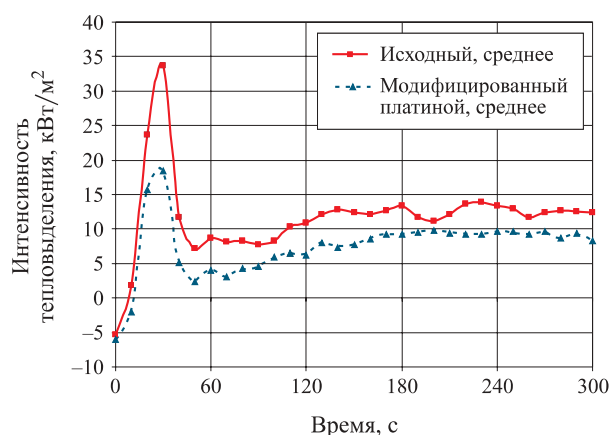
Исследованы горючесть, дымо- и тепловыделение при горении образцов стеклотекстолита, полученных на основе исследуемых связующих. Установлено, что по характеристикам горючести и дымообразования образцы стеклотекстолитов на основе исходной и модифицированной смолы одинаковы: при выносе из пламени не горят (продолжительность остаточного горения 0 с) и практически не выделяют дыма. По характеристикам тепловыделения выявлено существенное различие: образцы стеклотекстолитов на основе модифицированного связу-

Таблица 2. Характеристики термодеструкции отвержденного фенолформальдегидного полимера по данным ТГА

Добавка	$T_{5\%}$, °С	$T_{10\%}$, °С	Твердый остаток (кокс), %
—	190	290	56
П-1	240	380	65

Таблица 3. Характеристики пожаробезопасности фенолформальдегидного стеклотекстолита согласно АП-25 (приложение F, ч. I, V и IV)

Добавка	Горючесть		Оптическая плотность дыма через 4 мин D_4 , $\text{м}^3/\text{м}^3$, при режиме		Тепловыделение	
	Продолжительность остаточного горения, с	Длина прогорания, мм	горения	пиролиза	Максимальная интенсивность, $\text{кВт}/\text{м}^2$	Общее количество тепла, выделившегося за 2 мин, $\text{кВт}\cdot\text{мин}/\text{м}^2$
—	1	92	1	0	44	19
П-1	1	85	1	0	28	11

**Рис. 4.** Кинетика интенсивности тепловыделения для образцов стеклопластика на исходном фенольном связующем и модифицированном платинохлористоводородной кислотой

ющего имеют максимальную интенсивность тепловыделения и общее количество тепла, выделившегося

за первые 2 мин испытания, почти в два раза ниже, чем образцы на основе исходного фенолформальдегидного связующего и двух слоев стеклоткани Т-15(П)-76 (табл. 3, рис. 4).

Таким образом, полученные результаты являются доказательством того, что одним из путей снижения тепловыделения при горении композиционных материалов на основе фенолформальдегидных полимеров является обеспечение повышения выхода твердого пиролитического остатка при термоокислительной деструкции, которое в данном случае достигается введением малых количеств платинохлористоводородной кислоты.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность А. А. Шимкину за помощь в исследовании процесса отверждения связующего методом ДСК и ценные советы, высказанные при написании статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Застрогина О. Б., Швец Н. И., Постнов В. И., Серкова Е. А. Новые фенолформальдегидные связующие для материалов интерьера // *Авиационные материалы и технологии: юбилейный науч.-техн. сб. (прил. к журналу “Авиационные материалы и технологии”).* — М. : ВИАМ, 2012. — С. 265–272.
2. Сайт “Chemistry Wiki”. HexcelCompositesPublicationFTA 131a.2002. URL : <http://www.hexcelcomposites.com> (дата обращения: 15.01.2013 г.)
3. Авиационные правила. Глава 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. Межгосударственный авиационный комитет. — Изд. 3-е с поправами 1–6. — М. : Авиатиздат, 2009. — 274 с.
4. Барботько С. Л., Кириллов В. Н., Шуркова Е. Н. Оценка пожарной безопасности полимерных композиционных материалов авиационного назначения // *Авиационные материалы и технологии.* — 2012. — № 3. — С. 56–63.
5. Минаков В. Т., Швец Н. И., Застрогина О. Б., Постнов В. И., Петухов В. И., Чурсова Л. В., Барботько С. Л. Пожаробезопасные материалы, не содержащие антипиренов, для интерьера пассажирских самолетов // *Известия Самарского научного центра РАН (спец. вып.).* — 2008. — Т. 1. — С. 24–28.
6. Барботько С. Л. Пути обеспечения пожарной безопасности авиационных материалов // *Российский химический журнал.* — 2010. — Т. LIV, № 1. — С. 121–126.
7. Шуркова Е. Н., Вольный О. С., Изотова Т. Ф., Барботько С. Л. Исследование возможности снижения тепловыделения при горении композиционного материала за счет изменения его структуры // *Авиационные материалы и технологии.* — 2012. — № 1. — С. 27–30.
8. Барботько С. Л. Прогнозирование на основе математической модели изменения кинетики тепловыделения при горении стеклопластиков // *Пожаровзрывобезопасность.* — 2008. — Т. 17, № 5. — С. 23–28.

9. Hayashida K., Tsuge S., Ohtani H. Flame retardant mechanism of polydimethylsiloxane material containing platinum compound studied by analytical pyrolysis techniques and alkaline hydrolysis gas chromatography // Polymer. — 2003. — № 44. P. 5611–5616.

Материал поступил в редакцию 22 января 2013 г.

English

REDUCED COMBUSTIBILITY PHENOLIC BINDER

SHVETS N. I., Candidate of Technical Sciences, Head of Sector of Laboratory "Polymeric Binders for Nonmetallic Materials and Special Liquids", Federal State Unitary Enterprise "All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials", State Research Center of the Russian Federation (Radio St., 17, Moscow, 105005, Russian Federation; e-mail address: shvecni@viam.ru)

ZASTROGINA O. B., Candidate of Technical Sciences, Deputy Head of Laboratory "Polymeric Binders for Nonmetallic Materials and Special Liquids", Federal State Unitary Enterprise "All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials", State Research Center of the Russian Federation (Radio St., 17, Moscow, 105005, Russian Federation; e-mail address: zastroginaob@viam.ru)

BARBOTKO S. L., Candidate of Technical Sciences, Head of Laboratory "Research of Nonmetallic Materials on Climatic, Microbiological Resistance and Fire Safety", Federal State Unitary Enterprise "All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials", State Research Center of the Russian Federation (Radio St., 17, Moscow, 105005, Russian Federation; e-mail address: slbarbotko@yandex.ru)

ALEKSASHIN V. M., Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Federal State Unitary Enterprise "All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials", State Research Center of the Russian Federation (Radio St., 17, Moscow, 105005, Russian Federation; e-mail address: vmaleks@aikido.ru)

ABSTRACT

Phenolic resins are widely used for preparing fireproof materials due to the coke formation ability on combustion and comparatively low cost. To reduce flammability oxyalkylphosphonates of different polyols are often introduced into phenolic composition. Meanwhile the synthesis of organophosphorous compounds uses ecologically hazardous substances which production has been discontinued.

This paper studies the possibility to achieve high fire safety characteristics for phenolic binders without organophosphorous compounds.

The correlation between phenolic binder composition, thermooxidative stability of cured polymer and heat release upon burning of composite based on the binder was studied.

It was found that the binder containing resol and novolak oligomers could be used for the production of glass laminate that meets the Airworthiness Standards: it is hardly flammable, has low smoke emissions and have the peak heat release rate of 45 kW/m² and the average total heat release during the first 2 minutes of 19 kW·min/m².

Even better performance could be achieved by modification of the binder with extremely small amounts (0.03–0.07 %) of chloroplatinic acid. The study of thermooxidative destruction by thermogravimetric analysis (TGA) has shown that addition of chloroplatinic acid leads to increase of temperatures of 5 and 10 % loss of weight of the cured polymer to 50 and 90 °C, respectively, and the coke yield raises from 56 to 65 %.

Glass laminate based on the binder modified by chloroplatinum acid has the peak heat release rate of 28 kW/m² and the average total heat release during the first 2 minutes of 11 kW·min/m².

Thus, the study has shown that the application of platinum compounds, in this case chloroplatinic acid, can efficiently decrease heat release on burning of phenolic composite materials, allowing to avoid the use of organophosphorous retardants. The presence of hundredths of a percent of platinum in polymeric matrix provides two times decrease in heat release of the material.

Keywords: phenolic binder; thermal-oxidative stability; retardant; glass laminate; heat release.

REFERENCES

1. Zastrogina O. B., Shvets N. I., Postnov V. I., Serkova E. A. Novyye fenolformaldegidnyye svyazuyushchiye dlya materialov interyera. [Novel Phenolic Binders for Interiors Materials]. *Trudy VIAM "Aviatsionnyye materialy i tekhnologii"* [Proc. ARIAM "Aviation materials and Technologies"]. Moscow, VIAM Publ., 2012, pp. 265–272.
2. Website Chemistry Wiki. HexcelCompositesPublicationFTA 131a.2002. Available at: <http://www.hexcelcomposites.com> (Accessed 15 January 2013).
3. *Aviation rules. Chapter 25. Airworthiness norms of a transport category airplanes. Interstate Aviation Committee*. Ed. 3 with amendments 1–6. Moscow, Aviaizdat, 2009. 274 p. (in Russian).
4. Barbotko S. L., Kirillov V. N., Shurkova E. N. Otsenka pozharnoy bezopasnosti polimernykh kompozitsionnykh materialov aviatsionnogo naznacheniya [Assessment of fire safety of polymeric composite materials of aviation assignment]. *Trudy VIAM "Aviatsionnyye materialy i tekhnologii"* [Proc. ARIAM "Aviation materials and Technologies"], 2012, no. 3, pp. 56–63.
5. Minakov V. T., Shvets N. I., Zastrogina O. B., Postnov V. I., Petukhov V. I., Chursova L. V., Barbotko S. L. Pozharobezopasnyye materialy, ne coderzhyashchiye antipirenov, dlya interyera passazhyrskikh samoletov [Fire Resistant Materials Containing no Flame Retardant Agents for the Passenger Aircraft Interior]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN — News of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2008, vol. 1, pp. 24–28.
6. Barbotko S. L. Puti obespecheniya pozharnoy bezopasnosti aviatsionnykh materialov [Ways of Ensuring Fire Safety of Aviation Materials]. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal — Russian Chemical Journal*, 2010, vol. LIV, no. No 1, pp. 121–126.
7. Shurkova E. N., Volnyy O. C., Izotova T. A., Barbotko S. L. Issledovaniye vozmozhnosti snizheniya teplovydeleniya pri gorenii kompozitsionnogo materiala za schet izmeneniya ego struktury. *Trudy VIAM "Aviatsionnyye materialy i tekhnologii"* [Prog. of the ARIAM "Aviation materials and Technologies"], 2012, No 1, pp. 27–30.
8. Barbotko S. L. Prognozirovaniye na osnove matematicheskoy modeli izmeneniya kinetiki teplovydeleniya pri gorenii stekloplastikov [Forecasting on the basis of mathematical model of change of kinetics of heat release when burning; glass-fiber-reinforced laminate]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2008, Vol. 17, no. 5, pp. 23–28.
9. Hayashida K., Tsuge S., Ohtani H. Flame retardant mechanism of polydimethylsiloxane material containing platinum compound studied by analytical pyrolysis techniques and alkaline hydrolysis gas chromatography. *Polymer*, 2003, no. 44, pp. 5611–5616.

Из пожарно-технического энциклопедического словаря

КИСЛОРОДНЫЙ ИНДЕКС — минимальное содержание кислорода в кислородно-азотной смеси, при котором возможно свечеобразное горение материала в условиях специальных испытаний. Сущность метода определения кислородного индекса заключается в нахождении минимальной концентрации кислорода в потоке кислородно-азотной смеси, при которой наблюдается самостоятельное горение вертикально расположенного образца, зажигаемого сверху. Кислородный индекс применяется при разработке полимерных композиций пониженной горючести и контроле горючести полимерных материалов, тканей, целлюлозно-бумажных изделий и других твердых материалов. Его значения должны содержаться в стандартах или технических условиях на такие материалы.

КОЭФФИЦИЕНТ ДЫМООБРАЗОВАНИЯ — показатель, характеризующий оптическую плотность дыма, образующегося при пламенном горении или термоокислительной деструкции (тлении) определенного количества твердого вещества в условиях специальных испытаний. Применяют для классификации материалов по дымообразующей способности. Значение коэффициента дымообразования включают в стандарты или технические условия на твердые вещества.

КОЭФФИЦИЕНТ ОСЛАБЛЕНИЯ — отношение значения опасного фактора в окружающей среде к его значению на внутренней стороне пакета материалов.

М. В. ГРАВИТ, канд. техн. наук, заместитель генерального директора по научно-техническому сопровождению особо сложных и уникальных объектов ООО “Научный инновационный центр строительства и пожарной безопасности” (Россия, 199155, г. Санкт-Петербург, Васильевский о-в, Уральская ул., 13; e-mail: marina.gravit@mail.ru)

УДК 667.61:614.841.332

ОЦЕНКА ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА ПЕНОКОКСА ОГНЕЗАЩИТНЫХ ВСПУЧИВАЮЩИХСЯ ПОКРЫТИЙ

Впервые рассмотрена возможность оценки порового пространства пенококса с использованием российской программы “ВидеоТест”. Сделаны выводы, что для достижения огнезащитной эффективности более 45 мин количество пор в пенококсе огнезащитных покрытий на акриловых смолах с диаметром 0,5–1 мм не должно превышать 30 %, с диаметром более 2 мм – 3 %. При этом значение коэффициента вспучивания должно располагаться в интервале 40–65; потеря массы образца при термогравиметрическом анализе не должна превышать 45 % при температуре 500 °С.

Ключевые слова: вспучивающееся покрытие; поровое пространство; пенококс; кратность вспучивания; форма; размер.

При вспучивании покрытий при воздействии температур свыше 150 °С образуется пенококс — пористая углеводородная субстанция с низкой теплопроводностью, поры в которой формируются за счет фиксации в углеводородном скелете выделяющихся в процессе разложения газов.

Коэффициент вспучивания таких покрытий $K_{\text{вс}}$ определяют как отношение толщины вспученного слоя h к исходной толщине покрытия h_0 [1]:

$$K_{\text{вс}} = h/h_0. \quad (1)$$

Понятно, что в зависимости от размера и расположения пор в пенококсе теплопроводность будет меняться и, соответственно, будут изменяться параметры огнезащитной эффективности вспучивающегося покрытия. Согласно ГОСТ Р 53295–2009 [2] огнезащитная эффективность определяется как время достижения критической для стальной конструкции температуры (500 °С), на которую нанесено испытываемое огнезащитное покрытие.

Для получения требуемых параметров огнезащитной эффективности покрытия образующийся пенококс должен равномерно распределяться на поверхности испытываемого образца и иметь оптимальную кратность вспучивания. Поры образовавшегося пенококса должны быть оптимального размера, предпочтительно закрытые, сферической формы и равномерно распределяться в объеме.

Оценка порового пространства пенококса впервые проводилась методом измерения плоскостных параметров пор и расчета стереологических параметров* структуры с использованием программы

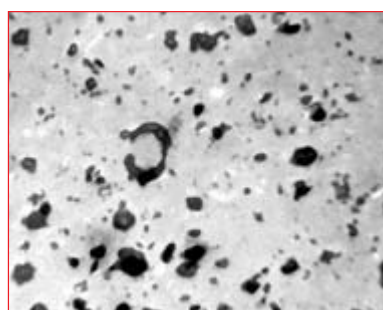
* Стереологические параметры — параметры пространственной структуры трехмерных объектов, рассчитанные по их двумерному (плоскому) изображению.

“ВидеоТест” [3]. Данная программа позволяет определять толщину, трещиноватость и выполнять фазовый анализ покрытий, а также оценку порового пространства материалов. Программа может использоваться для анализа пористости на изображениях полированных и прозрачных шлифов, а также на макрообъектах.

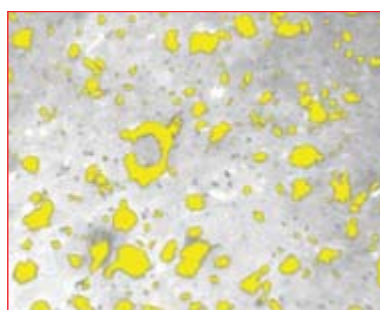
Основные положения методики состоят в следующем [4]:

- на полученном изображении по яркости автоматически выделяются темные поры;
- при необходимости производится дополнительная подготовка к измерениям: удаление с изображения небольших посторонних деталей, сглаживание границ, заполнение пустот, автоматическое разделение контактирующих объектов;
- автоматические измерения выделенных пор производятся по набору параметров, характеризующих их размеры и форму;
- по результатам измерений производится классификация объектов по параметру “средняя хорда”; строится гистограмма распределения; рассчитываются статистические параметры выборки и стереологические параметры порового пространства. Условия построения гистограммы и набор рассчитываемых параметров определяет пользователь;
- результаты анализа могут быть представлены в виде диаграммы, таблицы и данных статистики по всей выборке (рис. 1).

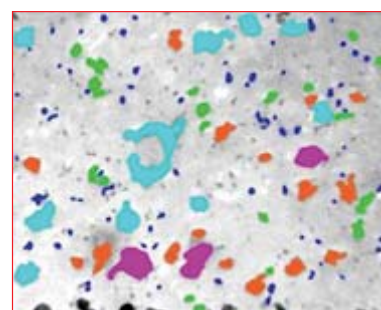
Эффект образования пенококса, получение оптимального коэффициента вспучивания, размеров и формы пор обусловлены системой интумесценции. В данных исследованиях выбрана следующая сис-



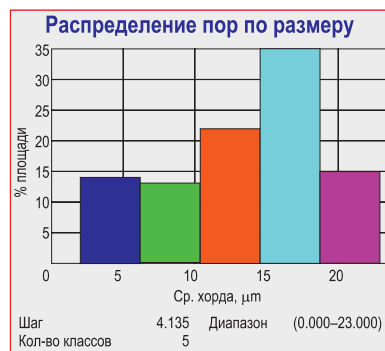
Изображение полированного шлифа с порами



Выделенные поры



Поры, классифицированные по параметру "средняя хорда"



Параметр	Ср. хорда
Кол-во изображений	1
Кол-во объектов	125
Площадь объектов, $\mu\text{m} \times \mu\text{m}$	18671.841
Обр. площадь, $\mu\text{m} \times \mu\text{m}$	145841.769
% пор	12.8
Среднее, μm	7.482
Ошибка среднего, μm	0.411
Минимум, μm	2.099
Максимум, μm	22.775
Ст. отклонение, μm	4.595
Козф. вариации	61.423
Мода, μm	3.391
Медиана, μm	5.566

Таблица статистики

Класс	Уд. поверхн.	Средняя хорда	Ср. расстоян.
Класс 1	0.795	5.038	272.221
Класс 2	0.474	8.433	494.506
Класс 3	0.326	12.265	419.934
Класс 4	0.236	16.976	356.381
Класс 5	0.183	21.810	1109.534
Всего	0.358	11.161	75.014

Рис. 1. Диаграмма распределения пор по размеру, статистические данные и таблица процентных соотношений и стереологических параметров в интерфейсе программы "ВидеоТест"

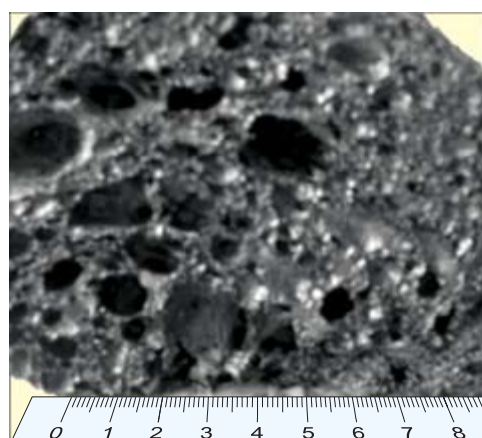
тема: полифосфат аммония (ПФА) + меламин (МЕ)/хлорпарафин + пентаэритрит (ПЕ). Оптимальное содержание компонентов подбирали с помощью метода термогравиметрического анализа по величине усредненного коксового остатка и получения удовлетворительных эксплуатационных параметров (адгезия, прочность на удар, седиментационная устойчивость и т. д.) [5].

С помощью методики "ВидеоТест" были обработаны фотографии пенококса для покрытий на меламинаформальдегидной и акриловых смолах, поскольку данные покрытия имеют высокую кратность вспучивания и крупные поры [5]. Пенококк получа-

ли при 500 °С, так как именно при этой температуре высота его слоя максимальна и поры хорошо различаются.

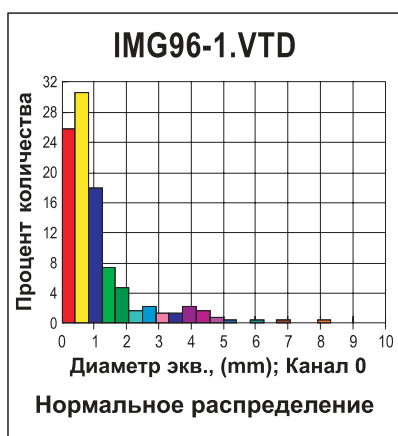
Фотографии пенококса в разрезе для некоторых покрытий и полученные гистораммы распределения пор в пенококсе с использованием программы "ВидеоТест" приводятся на рис. 2–6.

Вспучивающиеся покрытия на основе меламинаформальдегидной смолы с индексами к-1, к-2 и к-3 (см. рис. 2–4) содержат полифосфат аммония (20–30 %), пентаэритрит, меламин (8–10 %). В среднем соотношение в интумесцентной системе ПФА:МЕ:ПЕ представлено как 30:10:10. Покрытие к-2 также со-



Среднее	2.246
Количество классов	24
Шаг	0.5833
Минимум	0.4425
Максимум	13.45
Площадь	5033
Процент площади	26.56
Количество	166
Процент количества	100
Объемная доля	0.2856
Площадь поверхности	0.3788
Удельное количество	0.03299
Удельная поверхность	1.326
Среднее расстояние	7.544

Рис. 2. Пенококк покрытия на основе меламинаформальдегидной смолы (к-1) и гисторамма распределения в нем пор ($K_{\text{вс}} = 87$)



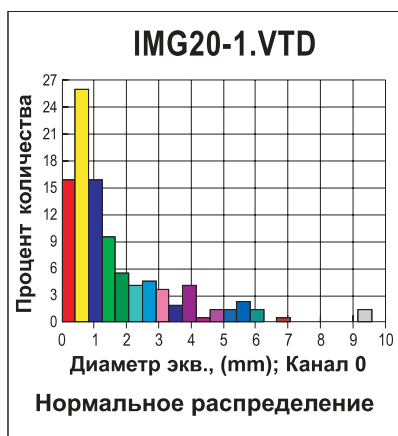
Среднее	1.151
Количество классов	24
Шаг	0.4167
Минимум	0.2719
Максимум	7.922
Площадь	1871
Процент площади	27.13
Количество	228
Процент количества	100
Объемная доля	0.2713
Площадь поверхности	0.8407
Удельное количество	0.1219
Удельная поверхность	3.099
Среднее расстояние	3.467

Рис. 3. Пенокок покрытия на основе меламиноформальдегидной смолы (к-2) и гистограмма распределения в нем пор ($K_{bc} = 80$)



Среднее	1.3
Количество классов	24
Шаг	0.4167
Минимум	0.3009
Максимум	9.056
Площадь	3426
Процент площади	29.23
Количество	357
Процент количества	100
Объемная доля	0.2923
Площадь поверхности	0.7344
Удельное количество	0.1042
Удельная поверхность	2.513
Среднее расстояние	3.854

Рис. 4. Пенокок на основе меламиноформальдегидной смолы (к-3) и гистограмма распределения в нем пор ($K_{bc} = 84$)



Среднее	1.697
Количество классов	24
Шаг	0.4167
Минимум	0.2687
Максимум	9.518
Площадь	3065
Процент площади	32.91
Количество	219
Процент количества	100
Объемная доля	0.3291
Площадь поверхности	0.7132
Удельное количество	0.07144
Удельная поверхность	2.167
Среднее расстояние	3.763

Рис. 5. Пенокок покрытия на акрилстирольной смоле (а-4) и гистограмма распределения в нем пор ($K_{bc} = 80$)

держит хлорпарафин (4 %). Высокая концентрация полифосфата аммония, использование в рецептурах хлорпарафина и меламиноформальдегидной смолы, которые при разложении образуют ряд газообразных продуктов, обуславливают высокое значение K_{bc} (более 80).

Акрилстирольные покрытия не имеют таких высоких значений K_{bc} , как меламиноформальдегидные

смолы, однако покрытие а-4, содержащее 5,7 % хлорпарафина, представляет собой пенокок с крупными порами и нерегулярной структурой, получившейся в результате интенсивного газообразования (см. рис. 5). Мелкие поры в плотном пенококе покрытия а-5 (ПФА:МЕ:ПЕ = 30:15:15) с широким диапазоном распределения по диаметрам (см. рис. 6) позволяют прогнозировать устойчивое поведение



Рис. 6. Пенококсы покрытия на акрилстирольной смоле (а-5) и гистограмма распределения в нем пор ($K_{\text{вс}} = 54$)

пенококсы при испытаниях на параметры огнезащитной эффективности согласно [2].

Дальнейшие исследования были посвящены поиску закономерностей между размерами и распределением пор, потерями массы при термогравиметрическом анализе с целью прогнозирования заданных параметров огнезащитной эффективности образца — стальной колонны с огнезащитным покрытием при стандартом огневом испытании [2]. В качестве предварительных результатов можно констатировать, что поры в пенококсе вспучивающегося огнезащитного покрытия на меламиноформальдегидных и акриловых смолах должны распределяться следующим образом: доля пор диаметром 0,5–1 мм не должна превышать 30 %, диаметром более 2 мм — 3 % от общего количества равномерно распределенных пор (см. рис. 6). При этом значение коэффициента

вспучивания $K_{\text{вс}}$ покрытия должно располагаться в интервале 40–65, поскольку при более высоких значениях $K_{\text{вс}}$ образовавшийся на испытуемом образце (стальной колонне) пенококсы либо сползает, либо растрескивается (“раскрывается”). Потеря массы образца покрытия в навеске при термогравиметрическом анализе не должна превышать 45 % от первоначальной при увеличении температуры в испытательной камере дериватографа до 500 °C [5].

Исследования в данном направлении продолжаются, подтверждая положение, что одно из основных влияний на огнезащитную эффективность вспучивающегося покрытия оказывает характеристика образующегося при температурном воздействии пенококсы с учетом целого ряда параметров: коэффициента вспучивания, плотности пенококсы, а также размера, формы и распределения образовавшихся пор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ Р 12.3.047–98. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. — Введ. 01.01.2000 г. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 1998. — 86 с.
- ГОСТ Р 53295–2009. Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности. — Введ. 01.01.2010 г. — М. : Стандартинформ, 2009. — 14 с.
- Бахметьев В. В., Сычев М. М., Крашенинникова М. В. Опыт практического использования программы “ВидеоТест” на кафедре теоретических основ материаловедения СПбГТИ (ТУ) : сб. тез. докл. 4-го ежегодного практического семинара “Современные технологии в металлографии”. — СПб. : СПбГМТУ, 2008. — С. 234.
- Сайт компании “ВидеоТест”. URL : http://www.videotest.ru/ru/app/153/category_nbr/40 (дата обращения: 14.02.2013 г.).
- Крашенинникова М. В. Повышение пределов огнестойкости стальных строительных конструкций огнезащитным вспучивающимся покрытием с повышенной атмосферостойкостью : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — СПб. : СПбГУ ГПС МЧС России, 2007. — 23 с.

Материал поступил в редакцию 12 марта 2013 г.

EVALUATION OF PORE SPACE FORM OF INTUMESCENT FIRE RETARDANT COATING

GRAVIT M. V., Candidate of Technical Sciences, Deputy Director on Scientific and Technical Support Unique and Complex Units, Scientific Innovation Center of Construction and Fire Safety Ltd. (Uralskaya St., 13, Saint Petersburg, 199155, Russia; e-mail address: marina.gravit@mail.ru)

ABSTRACT

Intumescent coatings when exposed to temperatures above 150 °C form porous substance with low thermal conductivity. The size and arrangement of pores affect the value of the thermal conductivity and, therefore, the parameters of fire retardant intumescent coating efficiency. The authors first examined the possibility of estimating the pore space coating using the Russian program “Video-Tests”. Using this program it is possible to determine the thickness, and phase analysis of coatings, as well as an assessment of the pore space material and calculation parameters since stereological parameters of the structure. The researchers concluded that in order to achieve fire-resistance rating of more than 45 minutes in the pores fire protective coatings on acrylic resins with a diameter of 0.5–1 mm should not exceed 30 %, with a diameter of more than 2 mm — less than 3 %. Swelling ratio value should be placed in the range of 40–65, weight loss of the sample coverage for thermogravimetric analysis does not exceed 45 % at a temperature of 500 °C.

Keywords: intumescent coatings; pore space; foam; height of foam; shape; dimension.

REFERENCES

1. State Standard 12.3.047–98. *Occupational safety standards system. Fire safety of technological processes. General requirements. Methods of control*. Moscow, IPK Izdatelstvo standartov Publ., 1998. 86 p. (in Russian).
2. State Standard 53295–2009. *Fire retardant compositions for steel constructions. General requirement. Method for determining fire retardant efficiency*. Moscow, Standartinform Publ., 2009. 14 p. (in Russian).
3. Bahmetyev V. V., Sychev M. M., Krashenninnikova M. V. Opyt prakticheskogo ispolzovaniya programmy “VideoTest” na kafedre teoreticheskikh osnov materialovedeniya SPGTI(TU) [Practical experience in the use of the program “VideoTest” at the department of theoretical bases of Materials SPbSTI (TU)]. *Sbornik tezisov 4 prakticheskogo seminara “Sovremennyye tekhnologii v metallografii”* [Proc. 4 Int. Symp. “Modern technologies in metallography”]. St. Petersburg, St. Petersburg State Marine Technical University Publ., 2008, p. 234.
4. *Website of the Company VideoTest*. Available at: http://www.videotest.ru/ru/app/153/category_nbr/40 (Accessed 14 February 2013).
5. Krashenninnikova M. V. *Povysheniye predelov ognestoykosti stalnykh stroitelnykh konstruktov ognezashchitnym vspuchivayushchimsya pokrytiyem s povyshennoy atmosferostoykostyu*. Avtoref. dis. ... kand. techn. nauk [Increasing the limit of fire resistance of steel constructions fireproofing intumescent coating with high weatherability. Abstracts of Dr. tech. sci. diss.]. St. Petersburg, St. Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia Publ., 2007. 23 p.



MIOGE

12-я МОСКОВСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА **НЕФТЬ И ГАЗ**



25-28

ИЮНЯ 2013

**МОСКВА
ЭКСПОЦЕНТР**



11-й РОССИЙСКИЙ НЕФТЕГАЗОВЫЙ КОНГРЕСС

RPGC

25-27

ИЮНЯ 2013

**МОСКВА
ЭКСПОЦЕНТР**

**ГЛАВНЫЕ
МЕРОПРИЯТИЯ ГОДА
ДЛЯ ГЛАВНОЙ
ОТРАСЛИ РОССИИ**



В. Д. ЗАХМАТОВ, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник
Института телекоммуникаций и глобального информационного пространства
НАН Украины (Украина, 03186, г. Киев, Чоколовский б-р, 13; e-mail: zet.pulse@gmail.com)

УДК 614.844.4:006.354

ПОЖАР В ГОСТИНОМ ДВОРЕ — ОДНОЙ ИЗ ГЛАВНЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ЦЕННОСТЕЙ ПОДОЛА — САМОГО СТАРОГО РАЙОНА КИЕВА

Выявлены особенности пожара, который произошел в Гостином Дворе — историческом здании старого центра Киева. Дана оценка причин возникновения и развития пожара. Выделены общие причины пожара — грубые нарушения строительных норм и пожарной безопасности со стороны частных организаций, эксплуатирующих здание. Представлен анализ тушения пожара и препятствий, чинимых пожарным со стороны охраны арендатора.

Ключевые слова: архитектурный исторический памятник; поджоги; неисправность электропроводки; нарушения строительных норм и правил противопожарной безопасности; низкая скорость тушения.

В настоящее время устройство поджогов и взрывов для решения коммерческих проблем приняло на Украине и в России массовый характер и стало почти правилом [1–3]. Именно с такого случая началась в 2006 г. моя работа в качестве независимого эксперта — взрыва жилого дома в одном из дворов центральной части Львова. Разрушено было здание, в котором находился эпицентр взрыва; были повреждены соседние дома, и из них были отселены все жители. Заказчиком взрыва оказалась владелица магазина в фасадной части одного из домов. Целью этой акции было сделать из всех домов двора бизнес-центр. Примерно из 30 взрывов, которые мне пришлось расследовать, 65 % были устроены с целью решения коммерческих проблем. Например, в последней серии взрывов в Запорожье — Харькове (взрыв магазинов с целью шантажа их владельцев), а затем в Днепропетровске, где было ранено более 30 человек и чудом никто не погиб (цель — шантаж государства возможностью срыва ЕВРО–2012). На этом фоне пожар в Гостином Дворе — достопримечательности центра Подола — выглядит традиционным явлением.

В течение 8 месяцев длилась беспрецедентная общественная кампания по защите Гостиного двора — в здании практически всегда ночевали активисты. Возгорание произошло в ночь с 9 на 10 февраля 2013 г. в период с 01.30 до 02.00 на чердаке двухэтажного здания Гостиного Двора, близ расположенных на чердаке (незаконно, с грубыми нарушениями правил пожарной безопасности) сауны и химической лаборатории.

Общественные активисты немедленно вызвали пожарных, которые приехали примерно через 4 мин

после вызова в полной боевой готовности. Но все попытки пожарных пройти наверх оказались безуспешными: двери на всех выходах были заварены или забиты (что является *грубым нарушением арендатором правил пожарной безопасности и эксплуатации зданий*).

В результате был упущен благоприятный момент, когда *пожар имел локальный характер и его можно было относительно эффективно и безопасно потушить, поэтому он развивался практически беспрепятственно*. Когда пожарные вскрыли двери, положили рукава и приступили к тушению (начали подавать струи воды из ручных стволов), пожар распространился уже на значительную часть чердака и приобрел развитый характер, плохо контролируемый традиционной пожарной техникой. По словам очевидцев, пожар сопровождался отдельными мощными вспышками: видимо, это от воздействия пламени разрушались емкости с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями из химической лаборатории, расположенной на чердаке (рис. 1). Кроме того, эффективному тушению препятствовал мощный конвективный поток дыма, раскаленного воздуха и тепловое излучение через вскрытые дверные проемы, поэтому пожарные вынуждены были отступить, делая максимально возможное в этой обстановке — охлаждая проемы и локализуя распространение огня вниз. В результате пожарным пришлось сделать проходы на крыше на безопасном расстоянии от пожара и прокладывать рукава через крышу, что требовало массу времени. Пока они пробивались на крышу, она вся уже была объята пламенем, полностью был задымлен чердак, огонь распространился на значительную часть чердака, где прогорела крыша. Ра-



Рис. 1. Химическая лаборатория на чердаке после пожара



Рис. 2. Обгоревшие кипы фотобумаги на полу чердака в эпицентре пожара

ботать на крыше было невозможно из-за сильного теплового излучения. “Там был ад. Восемь часов тушили”, — рассказал “Обозревателю” Сергей Мельниченко, председатель КУПРа, организации, активисты которой выявили возгорание.

На месте очага было найдено огромное количество глянцевой бумаги, обожженной, но не сожженной до тла (рис. 2), видимо, из-за того, что бумага была влажная, мерзлая и плотно слежавшаяся. Сгорела вся верхняя часть крыши — деревянные перекрытия. Скрутило от воздействия высокой температуры металлические конструкции, и на чердаке (рис. 3), в 2–3 местах, все было покрыто гарью, но вата на трубах оказалась цела, только оплавлена оболочка; бревна целые вплоть до стен, покрыты сверху гарью. Такие явления могут наблюдаться, если в зоне пожара присутствуют легкосгораемые материалы, например горючие жидкости. В частности, это могли быть растворители из химической лаборатории. Эта версия объясняет быстрое распространение пожара, наличие больших языков пламени и клубов черного дыма (как при горении нефтепродуктов), которые видели многие очевидцы.

Крупными нарушениями, влекущими уголовную ответственность, являются:

1) наличие в чердачном помещении *сауны (бани)* с мощным ТЭНом в парилке, запасами алкоголя в



Рис. 3. Деформированные металлические конструкции в эпицентре пожара

комнате отдыха, вениками, полотенцами и прочими банными аксессуарами (рис. 4);

2) наличие недалеко от бани *химической лаборатории* (см. рис. 1) со множеством легковоспламеняющихся, горючих и токсичных реактивов, в частности с пропиткой для предохранения дерева и ткани от возгорания, увеличивающей их термическую стойкость при воздействии теплового излучения и непосредственного контакта с пламенем.



Рис. 4. Баня на чердаке здания Гостиного Двора

Хронологию развития пожара по показаниям очевидцев можно представить следующим образом.

9 февраля 2013 г. около двух часов ночи активисты услышали, что в подвале работает буровая установка, попытались убедить рабочих прекратить работы, но, не добившись ничего, привели милиционера.

В это же время они ощутили запах горелого, увидели небольшой дым чуть левее арки со стороны церкви Пирогощи, затем — со стороны памятника Сагайдачному, а позже — и со стороны института.

Об этом сразу сообщили милиции, охране, рабочим. Примерно в 02.10 активисты вызвали пожарных. Примерно в 02.20–02.25 приехали первые пожарные машины (без лестниц и подъемников). Буровая установка продолжала работать. Начиная с этого момента, активисты пытались помочь пожарным попасть на чердак, но проходы на чердак были заварены. Пожарные пытались подняться на крышу через запертые двери, срезали замок, но столкнулись с обильным пламенем помещением. Через дверь двумя имеющимися ручными стволами они не смогли сбить

пламя и продвинуться далее, поэтому было решено обеспечить атаку на пожар, вскрывая крышу с двух сторон от горящего участка.

Частная охрана ПАТ “Укрреставрация” не обеспечила доступ пожарным на чердак, а скорее препятствовала действиям пожарных, закрыв все близкие к горящему помещению входы на чердак. Другие проходы на чердак — из помещения охраны и рабочих арендатора (с противоположного конца и середины здания) находились слишком далеко от очага возгорания, так что через них невозможно было протянуть рукавную линию.

В 03.45 приехали машины с раздвижными лестницами и подъемниками, с которых пожарные начали “вскрывать” крышу болгарками и тянуть с подъемников рукавную линию для тушения пожара. В это время раздались несколько громких хлопков-взрывов внутри чердака (по всей вероятности, это взрывались емкости с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями в химической лаборатории). Пламя вырвалось наружу, и практически весь центр крыши торца здания напротив церкви оказался охвачен огнем. В период 04.20–4.50 очевидцы наблюдали наиболее высокое и большое пламя.

В 03.47 активисты зафиксировали зарево (или огонь) над крышей Гостиного Двора с противоположного торца здания (со стороны Контрактной площади). Примерно до 04.15 утра пожарные не могли найти проход на чердак.

Примерно в 04.20–04.50 пожарные с подъемников и позиций на чердаке активно и эффективно начали тушить огонь. Это длилось несколько часов. В этот период времени с чердака здания в трех местах показался дым, почему ряд очевидцев и утверждали, что имели место три очага пожара. Однако при осмотре экспертом всей крыши по периметру здания следы пожара были обнаружены только в одном месте чердака. По официальной информации пожар был потушен в 07.30. Пожарные боролись с огнем, который охватил всю крышу здания, более 8 часов. В ходе тушения выяснилось, что Гостиный Двор загорелся не в одном, а сразу в трех местах. Активист “Киевского вече” Вадим Торопов был свидетелем того, как пожарные выявили новые очаги пожара. “Мы потом вошли с пожарными на второй этаж, в помещение УкрНИИпроектреставрации, и пока они тушили с одной стороны, я увидел, что с другой, причем с той, откуда дул ветер, со стороны парка Сагайдачного, валит дым. *Пожарные насчитали три точки возгорания.* Вероятна версия поджога”, — рассказал нам Торопов.

Арендатор г-н Ярич косвенно обвинил в случившемся активистов. Якобы именно они, включив обогреватели или электроплитку, спровоцировали замыкание. Хотя сами активисты общественной организа-

ции по противодействию застройке здания уверяли, что берут электричество вовсе не у института. Да и обогреватели с плитками в ту ночь никто не включал. Как было установлено при осмотре чердачного помещения, в непосредственной близости к месту пожара находилась сауна с ТЭНом, который по мощности многократно превышал все нагревательные приборы активистов. При осмотре экспертом банных помещений (нескольких комнат на чердаке) были зафиксированы следы недавнего пользования баней: веники, полотенца, недопитые бутылки с водкой «Немиров» и «Лимонная». Вероятно, баней пользовались в ночь пожара и в результате перегрузки расплавилась изоляция электропроводки, что и привело к воспламенению склада фотобумаги на чердаке.

Другая версия — повреждение проводки. Рабочие днем 9 февраля сбивали на крыше Гостиного Двора лед с помощью ломов и топоров. Брошенная на чердаке тлеющая тряпка или пакля также могла стать причиной пожара, причем в отличие от бензина до момента возгорания в этом случае была бы масса времени.

Арендатор Дмитрий Ярич, директор «Укрреставрации», заявил «Обозревателю», что в пожаре винит старую проводку. Арендатор сразу после пожара собирался выкупить здание и даже называл смешную цену — 10 млн. грн. Законом не предусмотрена продажа изуродованного арендатором памятника архитектуры тому же арендатору. Существует опция такой «покупки» при улучшении здания на определенное количество процентов в ходе ремонта, реставрации и т. п. В данном случае возможна простая рейдерская схема, по которой пожар является одним из шагов по захвату здания арендатором, и осуществляется этот план со всей прямолинейностью, присущей людям, за которыми стоят чиновники высокого уровня. Мол, смотрите, собственники, какие у вас с вашей собственностью хлопоты — продайте по дешевке.

Системный анализ экспертного осмотра места происшествия и материалов опроса свидетелей, представленный в Интернете, позволяет сделать вывод, что наиболее вероятными являются две версии возникновения пожара:

1. Версия возгорания электропроводки. Возгорание могло произойти вследствие работы мощного ТЭНа в бане, расположенной на чердаке здания. В пользу этой версии говорит следующее:

- возгорание произошло в непосредственной близости от бани;
- ТЭН бани — наиболее мощный нагревательный прибор в здании;
- наличие следов недавней банной активности (полотенца, съестное, недопитые бутылки со спиртным).

2. Версия поджога. Эту версию подтверждают следующие доводы:

- возгорание было интенсивным и быстроразвивающимся, притом что деревянные конструкции — балки (единственное горючее на чердаке) были пропитаны огнезащитным раствором;
- возгорание произошло в том месте чердака, где были складированы кипы старой фотобумаги — легкогорючего материала. Злоумышленник мог рассчитывать на сгорание фотобумаги без остатка, но просчитался: кипы хорошо слежались, отсырели и горели лишь снаружи. Рядом находилась химическая лаборатория с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями в бутылках, которые взрывались во время пожара, способствуя тем самым его распространению и повышению интенсивности горения;
- наличие интенсивного черного дыма с начала возгорания, характерного для горения нефтепродуктов и зажигательных составов, и наличие в эпицентре пожара сильно деформированных металлических конструкций позволяет предположить, что температура в очаге пожара превышала 1000–1500 °С, что косвенно подтверждает наличие больших количеств горючих нефтепродуктов;
- доступ активистов и пожарных к чердаку (где был очаг возгорания) заблаговременно перекрыли, выгнав активистов из галереи «Спираль» и заварив дверь на чердак, что дало возможность злоумышленнику легко проникнуть на чердак и помешало активистам это предотвратить (единственный дальний вход со стороны театра охранялся частной охраной);
- были созданы все условия для того, чтобы у пожарных не было возможности эффективно и быстро потушить пожар;
- за несколько дней до пожара помещение активистов было обесточено;
- на момент начала пожара и приезда пожарных в подвале работала буровая установка в ночное время;
- пожарных вызвали активисты, а не охрана и не рабочие;
- частная охрана отказалась открыть пожарные ворота;
- наличие трех очагов пожара, возникших примерно одновременно;
- отключение охранниками автоматической пожарной сигнализации, которой было оснащено здание Гостиного Двора.

Весьма важно для правильного хода следствия определить, кто дал указание на строительство и интенсивную эксплуатацию бани и химической лаборатории на чердаке, заваривание и запира-

дверей на чердак (что является грубым нарушением строительных норм и противопожарных правил).

Из всего вышесказанного следует очевидный вывод: государственные органы Украины и России долж-

ны восстановить старые советские правила охраны и реставрации памятников архитектуры и истории, прекратив практику передачи их в аренду частным фирмам и лицам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захматов В. Д. Современные проблемы исследования взрывов в жилых и общественных зданиях Украины // Пожаровзрывобезопасность. — 2010. — Т. 19, № 3. — С. 47–59.
2. Захматов В. Д. Исследование катастрофических, террористических и криминальных взрывов на Украине // Технические средства противодействия террористическим и криминальным взрывам : сб. тр. VII Междунар. науч.-практ. конф. Санкт-Петербург, 18–20 октября 2011 г. — СПб. : Любавич, 2012. — 288 с.
3. Захматов В., Бегун В. Ми повинні досліджувати всі можливі причини вибуху // Надзвичайна ситуація. — 2010. — № 1. — С. 26–27.

Материал поступил в редакцию 1 апреля 2013 г.

English

FIRE AT GOSTINYY DVOR — HISTORICAL HOUSE OF OLDEST DISTRICT OF KIEV

ZAKHMATOV V. D., Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, Institute of Telecommunications and Global Information Space of Ukraine Academy of Sciences (Chokolovskiy Parkway, 13, Kiev, 03186, Ukraine; e-mail address: zet.pulse@gmail.com)

ABSTRACT

There are nowtime in Ukraine and Russia some accidents of typical scenario — leasing of historical buildings and rebuilding its in commercial — office centers. There is key of these scenario — arsons of historical buildings — give real possibility for lessee to do rebuilding the historical buildings at one's discretion. There describe example of demolish fire of Drawing House. There old, non-quality electric line became as official reason of inflammation transforming to large fire. Independence investigation permit found the great infringements in accident building: closed and not open the doors, bath at upper floor under roof and chemical laboratory at under roof. As a result there were good condition for spreading and accelerating fire at garret and very bad conditions for fireman's work, especially timely extinguishing before inflammations go to great fire. There were no funded the proofs of criminal arson, but all condition for arson spreading to great fire.

Keywords: architectural history memorial; arson; damaged electric line; infringed building rules and standard of fire safety; low speed of extinguishing.

REFERENCES

1. Zakhmatov V. D. Sovremennyye problemy issledovaniya vzryvov v zhilykh i obshchestvennykh zdaniyakh Ukrainy [Modern Problems of Investigation of Combustions in Residential and Public Buildings of Ukraine]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2010, vol. 19, no. 3, pp. 47–59.
2. Zakhmatov V. D. Issledovaniye katastroficheskikh, terroristicheskikh i kriminalnykh vzryvov na Ukraine [Investigation of terroristical and criminal explosions at Ukraine]. *Tekhnicheskiye sredstva protivodeystviya terroristicheskim i kriminalnym vzryvam : sb. tr. VII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [7th International Conference “Technique to stop terrorist explosions”. Saint-Petersburg, 18–20 October 2011]. Saint Peterburg, Lubavich Publ., 2012. 288 p.
3. Zakhmatov V., Begun V. Mi povinni doslidzhuvati vsi mozhlivi prichini vibukhu [We must investigate all reasons of explosions]. *Nadzvichayna situatsiya — Emergency Situation*, 2010, no. 1, pp. 26–27.

Представляют **Международная ассоциация природных пожаров (IAWF)** и **Ассоциация пожарной безопасности (IAFSS)**
в содействии с **Томским государственным университетом (Россия)** и **Политехническим институтом Вустера (WPI, США)**

4-10

Конференцию по исследованию поведения **ПОЖАРОВ** и **ТОПЛИВ**

1–4 июля 2013 г. Санкт-Петербург, Россия

ЧТО ОЖИДАТЬ ОТ ЭТОЙ КОНФЕРЕНЦИИ?

Высокопрофессиональный форум с пленарными заседаниями, круглыми столами и выставкой экспонентов, на котором докладчики и участники смогут обмениваться информацией в различных областях, повысить осведомленность о разнообразии подходов, способов и идей для борьбы с природными пожарами, способствовать обмену опытом и идеями между менеджерами, исследователями и пожарными различных регионов и стран.



РЕКЛАМА

Целевая аудитория

- Исследователи и ученые
- Специалисты научно-исследовательских и образовательных учреждений МЧС России
- Сотрудники лесных служб
- Представители бизнеса и общественных организаций
- Представители СМИ и органов власти Российской Федерации
- Любимой желающий, кто заинтересован и в будущем планирует работать в области природных пожаров

Основные темы конференции:

- Лесные, степные и торфяные пожары
- Спутниковый мониторинг
- Физико-химические и механические свойства аэрозоля и дыма
- Методики риск-анализа
- Стратегия, тактика и методы борьбы с природными пожарами
- Пожары на природно-урбанизированных территориях
- Пожарная безопасность
- Управление рисками
- Прогноз природных пожаров
- Моделирование возникновения и распространения пожаров
- Выбросы от природных пожаров
- Химия горения
- Топливная нагрузка и ее динамика
- Картографирование и моделирование динамики топлива
- Лесоводственно-экологические последствия пожаров
- Подготовка и обучение будущих пожарных



Дополнительную информацию Вы можете найти на нашем сайте
<http://www.iawfonline.org/2013FuelsConference/index.php>
aifilkov@gmail.com

Е. И. КАЙБИЧЕВА, экономист 2-й категории, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Свердловской области, Свердловскстат (Россия, 620041, г. Екатеринбург, ул. Толмачева, 23)

И. А. КАЙБИЧЕВ, д-р физ.-мат. наук, профессор, Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: Kaibitchev@mail.ru)

УДК 519.25

ИНДЕКС ЧИСЛА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЗА 2006–2010 ГОДЫ

Предложено ввести индекс числа лесных пожаров на основе подхода Доу-Джонса. Выполнен расчет индекса лесных пожаров в Российской Федерации за 2006–2010 гг. Выделены наиболее проблемные регионы и регионы с кризисной обстановкой.

Ключевые слова: статистика пожаров; лесные пожары; индекс Доу-Джонса.

Одним из основных показателей пожарной опасности в лесах является число лесных пожаров в регионах РФ [1]. Этот показатель позволяет сравнить обстановку с пожарами в регионах, а общее число лесных пожаров на территории РФ [1] служит основой для количественной оценки ситуации с лесными пожарами в целом. Полезность и необходимость данных показателей не вызывают сомнений. Вместе с тем они затрудняют выделение наиболее проблемных регионов, так как не содержат четкого критерия их определения.

Проблема определения наиболее проблемных регионов может быть решена с помощью метода Доу-Джонса [2–4], имеющего широкое применение в экономике и на финансовом рынке. Первый индекс Доу-Джонса, рассчитанный 3 июля 1884 г., представлял собой среднюю цену 11 акций, большинство из которых являлись акциями первых крупных железнодорожных государственных корпораций. В 1916 г. промышленный индекс расширился до 20 акций, а в 1928 г. их количество увеличилось до 30, каким и остается на сегодняшний день. Нью-Йоркская биржа (New York Stock Exchange) обновляет и публикует индекс Доу-Джонса каждые 30 мин в течение всего биржевого дня. Фондовый индекс может характеризовать как рынок в целом, так и отдельную отрасль экономики (промышленность, транспорт и т. д.).

Возможность использования индексов пожарной опасности, рассчитанных по методу Доу-Джонса, была показана в работах [5–9]. Методика расчета индексов пожарной опасности достаточно проста [5–9]. Субъекты РФ выступают в качестве аналогов промышленных корпораций. На первом этапе субъекты РФ ранжируются по интересующему нас показателю (числу пожаров, прямому материальному ущербу, числу погибших, числу травмированных,

количеству возгораний) в порядке убывания значений. Далее отбираем 30 субъектов РФ с максимальными значениями показателя. Индекс пожарной опасности (по числу пожаров, размеру материального ущерба, числу погибших, травмированных, количеству возгораний) рассчитывается путем усреднения данных по 30 регионам.

Покажем возможность расчета индекса числа лесных пожаров на основе подхода Доу-Джонса. Имеющиеся данные по числу лесных пожаров в регионах РФ ранжируем в порядке убывания. Затем выбираем 30 регионов с максимальным числом лесных пожаров. Они образуют листинг расчета индекса лесных пожаров (табл. 1–5), который определяем путем усреднения данных по регионам, попавшим в листинг. Поскольку число пожаров может быть только целым числом, значение индекса лесных пожаров округляем до целого.

В листингах (см. табл. 1–5) можно выделить критическую группу, для которой число лесных пожаров превышает значение индекса. Состав этой группы изменчив. В критическую группу 2006 г. попали регионы (см. табл. 1): Ленинградская, Тюменская, Челябинская и Свердловская области, Алтайский кр., Иркутская и Псковская области, Республики Бурятия и Карелия, Красноярский и Забайкальский края, Курганская обл.

В 2007 г. список критических регионов был таков (см. табл. 2): Забайкальский кр., Иркутская обл., Республика Бурятия, Воронежская и Тюменская области, Алтайский и Красноярский края, Нижегородская обл., Хабаровский кр., Амурская, Челябинская и Московская области.

Состав критической группы в 2008 г. (см. табл. 3): Челябинская, Тюменская, Иркутская, Свердловская и Воронежская области, Забайкальский кр., Курган-

Таблица 1. Листинг расчета индекса числа лесных пожаров в 2006 г.

Место	Регион	Число пожаров
1	Ленинградская обл.	3076
2	Тюменская обл.	2474
3	Челябинская обл.	2185
4	Свердловская обл.	1640
5	Алтайский кр.	1611
6	Иркутская обл.	1482
7	Псковская обл.	1265
8	Республика Бурятия	1200
9	Республика Карелия	1164
10	Красноярский кр.	1131
11	Забайкальский кр.	1005
12	Курганская обл.	974
13	Новосибирская обл.	830
14	Воронежская обл.	678
15	Нижегородская обл.	646
16	Московская обл.	572
17	Омская обл.	523
18	Амурская обл.	483
19	Хабаровский кр.	465
20	Ульяновская обл.	459
21	Архангельская обл.	447
22	Тверская обл.	438
23	Брянская обл.	408
24	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	389
25	Пензенская обл.	346
26	Томская обл.	346
27	Владимирская обл.	329
28	Республика Башкортостан	326
29	Самарская обл.	304
30	Калужская обл.	290
Индекс числа лесных пожаров		916
Примечание. Жирным шрифтом выделены регионы, попавшие в кризисную группу.		

ская обл., Республика Бурятия, Алтайский и Красноярский края.

В критическую группу 2009 г. попали регионы (см. табл. 4): Челябинская, Воронежская и Тюменская области, Республика Бурятия, Свердловская обл., Забайкальский кр., Курганская, Иркутская и Омская области.

В 2010 г. критическая ситуация сложилась в следующих регионах (см. табл. 5): Челябинской, Тюменской, Московской, Свердловской, Курганской,

Таблица 2. Листинг расчета индекса числа лесных пожаров в 2007 г.

Место	Регион	Число пожаров
1	Забайкальский кр.	2432
2	Иркутская обл.	1582
3	Республика Бурятия	1334
4	Воронежская обл.	1069
5	Тюменская обл.	867
6	Алтайский кр.	741
7	Красноярский кр.	733
8	Нижегородская обл.	700
9	Хабаровский кр.	585
10	Амурская обл.	583
11	Челябинская обл.	549
12	Московская обл.	545
13	Владимирская обл.	420
14	Курганская обл.	400
15	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	399
16	Республика Тыва	318
17	Ленинградская обл.	308
18	Ямало-Ненецкий автономный округ	297
19	Республика Хакасия	270
20	Республика Коми	212
21	Рязанская обл.	205
22	Псковская обл.	176
23	Свердловская обл.	174
24	Ульяновская обл.	170
25	Приморский кр.	166
26	Тамбовская обл.	158
27	Липецкая обл.	151
28	Волгоградская обл.	151
29	Брянская обл.	145
30	Краснодарский кр.	140
Индекс числа лесных пожаров		533

Нижегородской, Владимирской и Воронежской областях.

Анализ мест регионов в листингах расчета индекса числа лесных пожаров (табл. 6) показывает наличие 6 групп регионов, играющих разную роль в формировании кризисной группы (табл. 7). Шестая группа содержит регионы, попавшие в кризисную группу 5 раз, и имеет наиболее высокую частоту попадания в кризисную группу — 0,098. В нее попали Челябинская и Тюменская области (см. табл. 7). В пятую группу входят регионы, попавшие в кризисную группу 4 раза: Свердловская и Воронежская области,

Таблица 3. Листинг расчета индекса числа лесных пожаров в 2008 г.

Место	Регион	Число пожаров
1	Челябинская обл.	3241
2	Тюменская обл.	1952
3	Иркутская обл.	1935
4	Свердловская обл.	1892
5	Воронежская обл.	1701
6	Забайкальский кр.	1649
7	Курганская обл.	1459
8	Республика Бурятия	1265
9	Алтайский кр.	1118
10	Красноярский кр.	1057
11	Омская обл.	660
12	Хабаровский кр.	574
13	Ленинградская обл.	512
14	Амурская обл.	506
15	Приморский кр.	360
16	Республика Саха (Якутия)	327
17	Пермский кр.	311
18	Республика Башкортостан	307
19	Кемеровская обл.	271
20	Липецкая обл.	251
21	Новосибирская обл.	249
22	Псковская обл.	242
23	Брянская обл.	241
24	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	238
25	Ульяновская обл.	229
26	Оренбургская обл.	227
27	Нижегородская обл.	215
28	Республика Алтай	206
29	Самарская обл.	203
30	Республика Тыва	184
Индекс числа лесных пожаров		786

Республика Бурятия, Забайкальский кр., Иркутская и Курганская области. Частота этой группы составляет 0,078. Четвертая группа содержит регионы, попавшие в кризисную группу 3 раза, третья — 2 раза, вторая — 1 раз, первая — 0 раз. Частоты третьей, второй и первой групп заметно ниже.

Кроме того, можно определить частоту попадания региона в листинг расчета индекса лесных пожаров. При этом также выделяем 6 групп регионов (табл. 8).

В шестую группу попадают регионы, которые вошли в листинг 5 раз, пятую — 4 раза, четвертую

Таблица 4. Листинг расчета индекса числа лесных пожаров в 2009 г.

Место	Регион	Число пожаров
1	Челябинская обл.	2221
2	Воронежская обл.	1659
3	Тюменская обл.	1545
4	Республика Бурятия	1331
5	Свердловская обл.	1045
6	Забайкальский кр.	878
7	Курганская обл.	842
8	Иркутская обл.	717
9	Омская обл.	697
10	Нижегородская обл.	657
11	Алтайский кр.	602
12	Приморский кр.	598
13	Московская обл.	548
14	Пензенская обл.	511
15	Самарская обл.	511
16	Красноярский кр.	511
17	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	479
18	Оренбургская обл.	468
19	Магаданская обл.	436
20	Новосибирская обл.	430
21	Брянская обл.	399
22	Амурская обл.	359
23	Хабаровский кр.	336
24	Липецкая обл.	322
25	Тамбовская обл.	318
26	Ульяновская обл.	310
27	Владимирская обл.	305
28	Псковская обл.	247
29	Ленинградская обл.	237
30	Кемеровская обл.	235
Индекс числа лесных пожаров		658

— 3 раза, третью — 2 раза, вторую — 1 раз, первую — 0 раз.

Основной вклад в обстановку с пожарами вносят регионы 6-й и 5-й групп с частотой попадания в листинг соответственно 0,033 и 0,027.

В итоге рассчитан индекс лесных пожаров в Российской Федерации за 2006–2010 гг. Для каждого года определены 30 регионов с опасной обстановкой с лесными пожарами, вошедшие в листинг расчета индекса. Для каждого года определен также состав кризисной группы, для которой необходимо принятие неотложных мер. Вычислены частоты по-

Таблица 5. Листинг расчета индекса числа лесных пожаров в 2010 г.

Место	Регион	Число пожаров
1	Челябинская обл.	3803
2	Тюменская обл.	2345
3	Московская обл.	2332
4	Свердловская обл.	2109
5	Курганская обл.	2047
6	Нижегородская обл.	1367
7	Владимирская обл.	1231
8	Воронежская обл.	1048
9	Иркутская обл.	926
10	Омская обл.	873
11	Оренбургская обл.	815
12	Пензенская обл.	808
13	Республика Бурятия	796
14	Самарская обл.	792
15	Ульяновская обл.	783
16	Забайкальский кр.	716
17	Алтайский кр.	707
18	Красноярский кр.	701
19	Кировская обл.	672
20	Республика Башкортостан	635
21	Республика Коми	551
22	Республика Карелия	469
23	Республика Марий Эл	461
24	Пермский кр.	460
25	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	455
26	Брянская обл.	426
27	Тамбовская обл.	419
28	Саратовская обл.	416
29	Липецкая обл.	370
30	Тверская обл.	360
Индекс числа лесных пожаров		996

Таблица 6. Места регионов в листингах расчета индекса числа лесных пожаров за период 2006–2010 гг.

Но- мер	Регион	Место региона в листинге				
		2006	2007	2008	2009	2010
Центральный федеральный округ						
1	Брянская обл.	23	29	23	21	26
2	Владимирская обл.	27	13		27	7
3	Воронежская обл.	14	4	5	2	8
4	Калужская обл.	30				
5	Липецкая обл.		28	20	24	29
6	Московская обл.	16	12		13	3
7	Рязанская обл.		21			
8	Тамбовская обл.		26		25	27
9	Тверская обл.	22				30

Продолжение табл. 6

Но- мер	Регион	Место региона в листинге				
		2006	2007	2008	2009	2010
Северо-Западный федеральный округ						
10	Республика Карелия	9			22	
11	Республика Коми		20		21	
12	Архангельская обл.	21				
13	Ленинградская обл.	1	17	13	29	
14	Псковская обл.	7	22	22	28	
Южный федеральный округ						
15	Краснодарский кр.		30			
16	Волгоградская обл.		28			
Приволжский федеральный округ						
17	Республика Башкортостан	28		18	20	
18	Республика Марий Эл				23	
19	Пермский кр.			17		24
20	Кировская обл.					19
21	Нижегородская обл.	15	8	27	10	6
22	Оренбургская обл.			26	18	11
23	Пензенская обл.	25			14	12
24	Самарская обл.	29		29	15	14
25	Саратовская обл.					28
26	Ульяновская обл.	20	24	25	26	15
Уральский федеральный округ						
27	Курганская обл.	12	14	7	7	5
28	Свердловская обл.	4	23	4	5	4
29	Тюменская обл.	2	5	2	3	2
30	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	24	15	24	17	25
31	Ямало-Ненецкий автономный округ		18			
32	Челябинская обл.	3	11	1	1	1
Сибирский федеральный округ						
33	Республика Алтай			28		
34	Республика Бурятия	8	3	8	4	13
35	Республика Тыва		16	30		
36	Республика Хакасия		19			
37	Алтайский кр.	4	6	9	11	17
38	Забайкальский кр.	11	1	6	6	16
39	Красноярский кр.	10	7	10	16	18
40	Иркутская обл.	6	2	3	8	9
41	Кемеровская обл.			19	30	
42	Новосибирская обл.	13		21	20	
43	Омская обл.	17		11	9	10
44	Томская обл.	26				
Дальневосточный федеральный округ						
45	Республика Саха (Якутия)			16		
46	Приморский кр.		25	15	12	

Окончание табл. 6.

Но- мер	Регион	Место региона в листинге				
		2006	2007	2008	2009	2010
47	Хабаровский кр.	19	9	12	23	
48	Амурская обл.	18	10	14	22	
49	Магаданская обл.				19	

Примечание. Жирным шрифтом выделены места регионов, попавшие в кризисную группу.

Таблица 7. Частота попадания регионов в кризисную группу в 2006–2010 гг.

Группа	Регион	Частота
1	Белгородская обл., Брянская обл., Ивановская обл., Калужская обл., Костромская обл., Курская обл., Липецкая обл., Орловская обл., Рязанская обл., Смоленская обл., Тамбовская обл., Тверская обл., Ярославская обл., г. Москва (ЦФО); Республика Коми, Архангельская обл., Вологодская обл., Калининградская обл., Мурманская обл., Новгородская обл., г. Санкт-Петербург (СЗФО); Республика Адыгея, Республика Калмыкия, Краснодарский кр., Астраханская обл., Волгоградская обл., Ростовская обл. (ЮФО); Республика Дагестан, Республика Ингушетия, Карачаево-Черкесская Республика, Республика Северная Осетия – Алания, Чеченская Республика, Ставропольский кр. (СКФО); Республика Башкортостан, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Республика Татарстан, Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Пермский кр., Кировская обл., Оренбургская обл., Пензенская обл., Самарская обл., Саратовская обл., Ульяновская обл. (ПФО); Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Ямало-Ненецкий автономный округ (УрФО); Республика Алтай, Республика Тыва, Республика Хакасия, Кемеровская обл., Новосибирская обл., Томская обл. (СФО); Республика Саха (Якутия), Камчатский кр., Амурская обл., Магаданская обл., Сахалинская обл., Еврейская автономная обл., Чукотский автономный округ (ДФО)	0
2	Республика Карелия, Владимирская обл., Ленинградская обл., Псковская обл., Омская обл., Хабаровский кр., Амурская обл.	0,02
3	Московская обл., Нижегородская обл.	0,039
4	Алтайский кр., Красноярский кр.	0,059
5	Воронежская обл., Курганская обл., Свердловская обл., Республика Бурятия, Забайкальский кр., Иркутская обл.	0,078
6	Тюменская обл., Челябинская обл.	0,098

Таблица 8. Частота попадания регионов РФ в листинг расчета индекса числа лесных пожаров за период 2006–2010 гг.

Группа	Регион	Частота
1	Белгородская обл., Ивановская обл., Костромская обл., Курская обл., Орловская обл., Смоленская обл., Тульская обл., Ярославская обл., г. Москва (ЦФО) Вологодская обл., Калининградская обл., Мурманская обл., Новгородская обл., г. Санкт-Петербург (СЗФО) Республика Адыгея, Республика Калмыкия, Астраханская обл., Ростовская обл. (ЮФО) Республика Дагестан, Республика Ингушетия, Карачаево-Черкесская Республика, Республика Северная Осетия – Алания, Чеченская Республика, Ставропольский кр. (СКФО) Республика Мордовия, Республика Татарстан, Удмуртская Республика, Чувашская Республика (ПФО) Магаданская обл., Сахалинская обл., Еврейская автономная обл., Чукотский автономный округ (ДФО)	0
2	Калужская обл., Рязанская обл., Архангельская обл., Краснодарский кр., Волгоградская обл., Республика Марий Эл, Кировская обл., Саратовская обл., Ямало-Ненецкий автономный округ, Республика Алтай, Республика Хакасия, Томская обл., Республика Саха (Якутия), Магаданская обл.	0,007
3	Тверская обл., Республика Карелия, Республика Коми, Пермский кр., Республика Тыва, Кемеровская обл.	0,013
4	Тамбовская обл., Республика Башкортостан, Оренбургская обл., Пензенская обл., Новосибирская обл., Приморский кр.	0,02
5	Владимирская обл., Липецкая обл., Московская обл., Ленинградская обл., Псковская обл., Самарская обл., Омская обл., Хабаровский кр., Амурская обл.	0,027
6	Брянская обл., Воронежская обл., Нижегородская обл., Ульяновская обл., Курганская обл., Свердловская обл., Тюменская обл., Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Челябинская обл., Республика Бурятия, Алтайский кр., Забайкальский кр., Красноярский кр., Иркутская обл.	0,033

падения регионов в листинг и в состав кризисной группы. В результате определены группы регионов, систематически попадающие в листинг расчета индекса и в состав кризисной группы.

Индекс числа лесных пожаров может быть использован для обоснования управленческих и кадровых решений аналогично широкому употреблению индекса Доу-Джонса в сфере экономики и финансов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожары и пожарная безопасность в 2010 году: статистический сборник / Под общ. ред. В. И. Климкина. — М. : ВНИИПО, 2011. — 140 с.
2. *Sullivan A., Sheffrin S. M.* Economics: Principles in action. — New Jersey : Pearson Prentice Hall, 2003. — P. 290.
3. *Anderson B.* Economics and the Public Welfare: A Financial and Economic History of the United States, 1914–1946. — New York : Liberty Press, 1979. — P. 219.
4. Индекс Доу-Джонса: история появления и методика расчета. URL : <http://www.ereport.ru/articles/indexes/dowjones.htm> (дата обращения: 18.01.2013 г.).
5. *Кайбичев И. А.* Аналогии индекса Доу-Джонса в статистике пожаров // Актуальные проблемы обеспечения безопасности в Российской Федерации : V Всерос. науч.-практ. конф., 26 октября 2011 г. — Екатеринбург : УрИ ГПС МЧС России, 2011. — Ч. 1. — С. 104–109.
6. *Кайбичев И. А.* Подход Доу-Джонса в статистике пожаров // Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: теория и практика : матер. II Междунар. науч.-практ. конф. / Под общ. ред. Р. Н. Минниханова. — Казань : ГУ “Научный центр безопасности жизнедеятельности детей”, 2012. — Ч. II. — С. 639–646.
7. *Кайбичев И. А.* Индекс возгораний // Безопасность критичных инфраструктур и территорий : матер. V Всерос. конф. и XV Школы молодых ученых. — Екатеринбург : УрО РАН, Изд-во АМБ, 2012. — С. 124–125.
8. *Кайбичев И. А.* Индекс возгораний в рамках подхода Доу-Джонса // XXIV Международная научно-практическая конференция по проблемам пожарной безопасности, посвященная 75-летию создания института : тезисы докладов. — М. : ВНИИПО, 2012. — Ч. 3. — С. 199–202.
9. *Кайбичев И. А., Орлов С. А.* Индексы пожарной опасности // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 6. — С. 50–54.

Материал поступил в редакцию 18 января 2013 г.

English

FOREST FIRES NUMBER INDEX IN RUSSIAN FEDERATION IN 2006–2010 YEARS

KAIBICHEVA E. I., Economics 2nd Category, Federal Service Government Statics in Sverdlovsk District, Sverdloskstat (Tolmacheva St., 23, Yekaterinburg, 620041, Russian Federation)

KAIBICHEV I. A., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: Kaibichev@mail.ru)

ABSTRACT

The main indicator of fire danger in the woods is the number of forest fires in the region of the Russian Federation. There are no clear criteria for allocation of the most problematic regions, making it difficult to make informed management decisions. This problem can be solved using the method of Dow Jones. Dow Jones is a recognized indicator of the economy and the stock market. The article prompted the index number of forest fires based on the approach of Dow Jones. In the scheme of calculating the index of forest fires Dow Jones method role of industrial corporations played by members of the Russian Federation. After adjusting for the subjects forest fires numbers in the order of decrease we select 30 regions to the maximum number of forest fires. These regions form listing the index calculation. Index of the number of forest fires is the average of these regions, who are in the listing. The regions where the number of forest fires above the index, form crisis group. In the paper, the calculation of the index of forest fires in the Russian Federation for the years 2006–2010 are highlighted regions, trapped in the listing, as well as identify areas with a crisis situation. The proposed index of forest fires can be a basis for management and personnel decisions, similar to how the Dow Jones is used in economics and finance.

Keywords: statics of fires; forest fires; Dow Jones Average.

REFERENCES

1. Klimkin V. I. (ed.). *Pozhary i pozharnaya statistika v 2010 godu* [Fires and fire safety in 2010]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2011. 140 p.
2. Sullivan A., Sheffrin S. M. *Economics: Principles in action*. New Jersey, Pearson Prentice Hall, 2003, p. 290.
3. Anderson B. *Economics and the Public Welfare: A Financial and Economic History of the United States, 1914–1946*. New York, Liberty Press, 1979, p. 219.
4. Dow Jones Industrial Index. Available at: <http://www.ereport.ru/articles/indexes/dowjones.htm> (Accessed 18 January 2013).
5. Kaibichev I. A. Analogi indeksa Dou-Dzhonsa v statistike pozharov [Analogue of Dow Jones average in fire statistics]. *Aktualnyye problemy obespecheniya bezopasnosti v Rossiyskoy Federatsii: V Vseros. nauch.-prakt. konf., 26 oktyabrya 2011* [Actual problems of Fire Safety in Russian Federation. Proc. V All-Russian Scientific and Practical Conference, 26 October 2011]. Yekaterinburg, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia Publ., 2011. Part 1, pp. 104–109.
6. Kaibichev I. A. Podkhod Dou-Dzhonsa v statistike pozharov [Dow Jones approach in fire statistics]. *Sovremennyye problemy bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: teoriya i praktika: mater. II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Modern problems of personal and social safety: theory and practice. Proc. II International Scientific and Practical Conference]. Kazan, GU "Nauchnyy tsentr bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti detey" Publ. [Public Office "Scientific Centre of children's personal and social safety"], 2012, part II, pp. 639–646.
7. Kaibichev I. A. Indeks vozgoraniy [Index of ignitions]. *Bezopasnost kritichnykh infrastruktur i territoriy: mater. V Vseros. konf. i XV Shkoly molodykh uchenykh* [Safety of critical infrastructures and territories. Proc. V All-Russian Science and Technology Conference and XV School of Young Scientists]. Yekaterinburg, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, AMB Publ., 2012, pp. 124–125.
8. Kaibichev I. A. Indeks vozgoraniy v ramkakh podkhoda Dou-Dzhonsa [Index of ignitions in the context of Dow Jones approach]. *XXIV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya po problemam pozharnoy bezopasnosti, posvyashchennaya 75-letiyu sozdaniya instituta: teziy dokladov* [XXIV International Scientific and Practical Conference on Fire Safety, Dedicated to the 75th Anniversary of the Institute: Abstracts]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2012, part 3, pp. 199–202.
9. Kaibichev I. A., Orlov S. A. Indeksy pozharnoy opasnosti [Fireman Dangers Indexes]. *Pozharovzryvo-bezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 6, pp. 50–54.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу

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



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

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

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

А. А. ТАРАНЦЕВ, д-р техн. наук, профессор, профессор ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149; e-mail: t_54@mail.ru)

УДК 614.841.33(045)

О ПРОБЛЕМЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ВНОВЬ СОЗДАВАЕМЫХ ПОЖАРНЫХ ЧАСТЕЙ НА ТЕРРИТОРИЯХ РЕГИОНОВ

Рассмотрены различные подходы к определению необходимого количества пожарных частей в городских и сельских населенных пунктах. Дана сравнительная оценка подходов, основанных на нормативных документах (ГОСТ, федеральный закон, свод правил), на применении компьютерной имитационной системы и на расчете пожарной уязвимости населенных пунктов. Обоснована возможность поэтапного наращивания числа пожарных частей на территориях регионов в населенных пунктах с наибольшей пожарной уязвимостью. Предложена оптимизация районов выезда пожарных частей по двум критериям — общему снижению пожарной уязвимости в регионе и равномерности нагрузки на пожарные части.

Ключевые слова: пожарная часть; дислокация; район выезда; пожарная уязвимость населенного пункта.

Введение

Обеспечение безопасности людей при пожарах — важнейшая задача пожарной охраны (ПО). В ГОСТ 12.1.004–91* [1] указано, что “уровень пожарной опасности для людей должен быть не более 10^{-6} воздействия опасных факторов пожара (ОФП), превышающих предельно допустимые значения, в год в расчете на каждого человека”. К сожалению, печальный опыт пожаров 2010 г. показал, что эти требования выполнить практически невозможно.

Известно, что успех борьбы с пожарами напрямую зависит от времени прибытия пожарных караулов к месту вызова. Это во многом обуславливается количеством пожарных частей (ПЧ) и их размещением. В п. 6 прил. 1* “Противопожарные требования” к СНиП 2.07.01–89* [2] было даже определено, что “радиус обслуживания пожарного депо не должен превышать 3 км”. Разумеется, напрямую выполнить эти требования не представлялось возможным даже в городах (не говоря уже о сельской местности), поскольку это привело бы к необходимости создания огромного числа новых ПЧ, что было неподъемным для бюджета даже такой сверхдержавы, как СССР. К тому же километры километрам рознь: наличие водных преград и железнодорожных путей с малым числом переездов приводит к значительному увеличению времени следования пожарных караулов к месту вызова.

Конечно, решению проблемы, как обеспечить скорейшее прибытие пожарных караулов при ограниченном числе ПЧ, были посвящены усилия многих специалистов ПО. В связи с вышеизложенным представляется целесообразным рассмотреть мето-

дики определения числа ПЧ и их размещения на территориях городов и в сельской местности.

Определение числа ПЧ и мест их дислокации

1. Федеральный закон № 123-ФЗ [3]. В настоящее время это — основной документ, в котором содержатся требования к числу ПЧ и их размещению. В п. 1 ст. 76 [3] указано: “Дислокация подразделений ПО на территориях поселений и городских округов определяется из условия, что время прибытия первого подразделения к месту вызова в городских поселениях и городских округах не должно превышать 10 мин, а в сельских поселениях — 20 мин”.

Руководители ПО в регионах, имея планы городских и сельских поселений, карты местности, координаты мест дислокации действующих ПЧ и информацию о климатических особенностях региона, должны определить места оборудования новых ПЧ, чтобы выполнить указанное требование федерального закона [3] (далее — ФЗ).

Но, во-первых, 20 мин следования пожарного караула летом и 20 мин следования зимой — это для сельской местности совершенно разные расстояния. Особенно, если принять во внимание еще и весеннее половодье, и осеннее бездорожье... Во-вторых, строгое выполнение требований ст. 76 ФЗ [3] возможно только в отдаленном будущем, поскольку оборудовать тысячи новых ПЧ¹ при нынешнем со-

¹ Только в относительно благополучной Ленинградской области свыше двух тысяч населенных пунктов (НП), время следования к которым из ближайших ПЧ может превышать 20 мин.

стоянии экономики страны в целом и регионов в частности нереально, даже при наличии частной и добровольной ПО. В-третьих, не учитываются особенности защищаемых населенных пунктов — степень огнестойкости и этажность строений, количество находящихся в них людей, категории взрывопожарной и пожарной опасности производственных и складских помещений, частота возникновения пожаров и т. п.

2. СП 11.13130.2009 [4] — это другой важный документ, регламентирующий в настоящее время порядок определения мест дислокации ПЧ и включающий соответствующую методику. Свод правил (СП) предлагает определять минимально допустимое расстояние от места дислокации ПЧ до объекта предполагаемого пожара исходя из условий его ликвидации, прежде чем:

- а) площадь пожара превысит площадь, которую может потушить один караул;
- б) наступит предел огнестойкости строительных конструкций в помещении пожара;
- в) ОФП достигнут критических для жизни людей значений.

Расчет допустимых расстояний предполагает сбор информации о видах, количестве и размещении пожарной нагрузки на объектах (категории взрывопожарной и пожарной опасности? — *Авт.*); выбор класса пожара и схемы его развития.

Нахождение допустимого расстояния L_a для условия “а” предполагает, кроме того, расчет площади свободного развития пожара (и площади тушения? — *Авт.*) на момент подачи стволов прибывшим пожарным караулом. При определении допустимого расстояния L_b для условия “б” необходимо также учитывать пределы огнестойкости конструкций объекта возможного пожара. Нахождение допустимого расстояния L_v для условия “в” предполагает сбор информации о количестве людей в помещениях защищаемого объекта, об их размещении и о группах мобильности [5, 6], а также расчет необходимого времени эвакуации людей из помещений $\tau_{нб}$ согласно рекомендуемому приложению А к СП [4] (с использованием упрощенной интегральной модели развития пожара [6]. — *Авт.*).

Таким образом, СП [4] требует, во-первых, проведения достаточно трудоемких расчетов и постоянной корректировки сведений о зданиях, сооружениях и других объектах в НП. Тем более если рассматривать все здания жилого сектора как объекты предполагаемых пожаров (см. п. 2.5 [4]). Во-вторых, если учитывать большую динамичность обстановки (одни объекты строятся, другие сносятся, третьи перепрофилируются и т. п.), то может получиться парадоксальная ситуация: только начнется строительство ПЧ в соответствии с расчетом по

СП [4], а обстановка изменится, и строительство ПЧ нужно будет переносить в другое место. В-третьих, в соответствии с СП [4] может потребоваться строительство столь большого числа ПЧ, что ни федеральный бюджет, ни бюджеты регионов не смогут в настоящих условиях выделить требуемые средства. В-четвертых, СП [4] допускает некоторую неопределенность вариантов размещения ПЧ (см. п. 6.2): рекомендуемые по расчету места их дислокации могут оказаться физически непригодными для строительства ввиду сложного рельефа местности, отсутствия необходимой инфраструктуры и водоисточников, наличия других строений и т. п. Указанные обстоятельства затрудняют эффективное применение СП [4].

3. Компьютерная имитационная система CIS-KOSMAS® (сайт <http://www.academygps.ru>). Эта система, разработанная в Академии ГПС МЧС России (ранее — ВИПТШ МВД РФ) коллективом под руководством проф. Н. Н. Брушлинского, нашла широкое применение в РФ и за рубежом. Она предназначена для обоснования численности сил и средств экстренных и аварийно-спасательных служб города, исследования процессов их функционирования и экспертизы проектных, организационных и управленческих решений, связанных с оперативной деятельностью этих служб, чаще всего ПО. Город (территория) представляется в виде графа уличной сети (в “векторном” виде) и непрерывного пространства заданной конфигурации, на котором определены места дислокации различных городских объектов, больниц, подразделений экстренных и аварийно-спасательных служб, районы их обслуживания, техника, размещенная в каждом депо, и др. В основе CIS-KOSMAS® лежат статистические закономерности случайных процессов возникновения пожаров и ЧС, а также процессов функционирования экстренных и аварийных служб города (применительно к ПО — время следования караула, ликвидации пожара и возвращения в ПЧ).

Система CIS-KOSMAS® позволяет решать следующие основные задачи:

- а) моделировать различные реальные и гипотетические ситуации, которые возникают или могут возникнуть в городе при изменении параметров городской среды или экстренной службы;
- б) оптимизировать места дислокации новых депо, распределение техники по пунктам дислокации, определение вариантов диспетчеризации, графиков дежурств персонала и др.;
- в) анализировать статистические данные, накопленные в процессе моделирования;
- г) производить расчет числа оперативных отделений различных типов и числа депо в за-

висимости от времени следования подразделений к месту вызова;

- д) определять зоны покрытия города в зависимости от времени следования к месту вызова и оптимальные границы районов обслуживания подразделений;
- е) определять временные и вероятностные характеристики реакции оперативных подразделений на различные по сложности ситуации, возникающие на городских объектах.

Эффективное решение задач в интересах ПО с использованием системы CIS-KOSMAS[®] под силу только научному коллективу под руководством проф. Н. Н. Брушлинского. Однако и при использовании CIS-KOSMAS[®], как правило, следует вывод, что, для того чтобы удовлетворить требованиям ФЗ [3], придется оборудовать слишком большое число новых ПЧ в сельской местности. Кроме того, в CIS-KOSMAS[®] по аналогии с [4] также желательно применительно к НП в сельской местности учитывать степень огнестойкости и этажность строений, количество находящихся в них людей, категории взрывопожарной и пожарной опасности.

4. Методика СПБУ ГПС МЧС России [7]. Эта методика, в отличие от [3] и [4], предусматривает следующий подход: во-первых, позволяет объективно определить, где лучше всего разместить новую ПЧ, если на ее создание выделены средства, и, во-вторых, как затем рационально изменить границы районов выезда ПЧ. Методика [7] рассчитана на поэтапное наращивание числа ПЧ в гарнизонах ПО с учетом возможностей федерального бюджета и бюджетов регионов вплоть до выполнения требований нормативных документов [1, 3].

В методике [7] вводится понятие уровня пожарной уязвимости НП, который может зависеть от множества факторов. Основными из них являются: расстояние до ближайшей ПЧ x_1 , число жителей в НП x_2 , число важных объектов x_3 (больницы, памятники архитектуры и т. п.), частота возникновения пожаров x_4 , среднегодовое число погибших от ОФП x_5 и др. Количественно уровень пожарной уязвимости для каждого j -го НП в сельской местности, не имеющего своей ПЧ, может быть оценен по выражению [7]:

$$u_j = \sum_{i=1}^M w_i X_{ji}, \quad j = 1, \dots, N, \quad (1)$$

где M — число факторов, влияющих на пожарную уязвимость (в рассмотренном случае $M = 5$);

w_i — “вес” i -го фактора;

X_{ji} — нормированная величина i -го фактора для j -го НП;

N — число НП в гарнизоне ПО, не имеющих ПЧ.

“Веса” факторов, обуславливающих пожарную уязвимость НП, определяются экспертными методами [8, 9] и являются положительными величинами, а их сумма равна единице: $w_1 + w_2 + \dots + w_M = 1$. В первом приближении можно полагать $w_i = 1/M$, $i = 1, \dots, M$. Нормировка факторов $\{x_{ji}\}$ проводится из условия $0 < X_{ji} < 1$ с использованием выражения

$$X_{ji} = \frac{0,5(1-k)x_{i\max} - 0,5(1+k)x_{i\min} + kx_{ji}}{x_{i\max} - x_{i\min}}, \quad (2)$$

$$j = 1, \dots, N, \quad i = 1, \dots, M,$$

где k — коэффициент, равный $+1$, если при увеличении i -го фактора пожарная уязвимость НП возрастает, и -1 , если она снижается;

$x_{i\max}$, $x_{i\min}$ — наибольшее и наименьшее значения i -го фактора по перечню из N рассматриваемых НП.

Для выше рассмотренных пяти ($M = 5$) факторов $k = +1$, поскольку при увеличении любого из факторов x_1 – x_5 пожарная уязвимость НП возрастает. Выражение (2) в этом случае принимает вид:

$$X_{ji} = \frac{x_{ji} - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}}, \quad j = 1, \dots, N, \quad i = 1, \dots, 5. \quad (3)$$

Из выражения (1) также следует, что величина u_j лежит в пределах от 0 до 1: чем дальше j -й НП от ближайшей ПЧ, чем больше в нем жителей и важных объектов, чем чаще случаются пожары и гибнут люди, тем пожарная уязвимость этого НП выше.

На основании вектора значений $[u_1, \dots, u_N]$, полученного по выражениям (1)–(3), можно оценить и пожарную уязвимость гарнизона ПО в целом:

$$U_P = \sum_{j=1}^N u_j / N, \quad (4)$$

где P — индекс, означающий число ПЧ в гарнизоне ПО.

Имея вектор значений $[u_1, \dots, u_N]$, можно принять обоснованное решение по размещению новой ПЧ в НП с наибольшим значением $u_m = \max(u_1, \dots, u_N)$. Затем оставшиеся пожароуязвимые НП переакрепляются за действующими и вновь созданной ПЧ (пожарная уязвимость u_m для НП, где создана новая ПЧ, приравнивается 0). Рациональность изменения таким образом районов выезда ПЧ оценивается по двум критериям: по снижению пожарной уязвимости НП в зоне, обслуживаемой гарнизоном ПО, ΔU и по равномерности нагрузки на ПЧ. Величина ΔU оценивается как разность между прежним и новым уровнями пожарной уязвимости НП в гарнизоне:

$$\Delta U = U_P - U_{P+1}, \quad (5)$$

а нагрузка на каждую ПЧ определяется как сумма уровней пожарной уязвимости НП в районе выезда

Сравнительные данные методик определения мест дислокации ПЧ

Особенности методики	Методика			
	СП [4]	ФЗ [3]	CIS-KOSMAS®	СПБУ ГПС МЧС РФ [7]
Что позволяют	Определять необходимое число ПЧ, места их дислокации и границы районов выезда			Находить рациональные места дислокации дополнительных ПЧ, корректировать районы выезда ПЧ
Исходные данные	Дорожная сеть, координаты НП и других объектов, места дислокации существующих ПЧ, скорость движения пожарных автомобилей,			частота возникновения пожаров,
				продолжительность тушения
	Недостатки	Для выполнения требований ФЗ [3] и СП [4] потребуется создание слишком большого числа ПЧ		
Большая трудоемкость, необходимость постоянного сбора данных и корректировки расчетов		Не учитываются частота возникновения пожаров и продолжительность тушения	Требуется наличие лицензионной программы, мощного ПК и квалифицированного программиста	
		Не учитываются степень огнестойкости и этажность строений, число людей в них, категории взрывопожарной и пожарной опасности		

этой ПЧ: $S_1, S_2, \dots, S_{P+1}$. Неравномерность этих нагрузок может быть оценена через среднеквадратическое отклонение:

$$\sigma = \left[\frac{S_1^2 + S_2^2 + \dots + S_{P+1}^2}{P} \right]^{0,5}. \quad (6)$$

В результате может быть рассмотрено несколько вариантов (как правило, их число или очень ограничено, или вариант вообще один) с различными сочетаниями $\{\Delta U, \sigma\}$. После этого принимается окончательное решение о границах районов выезда всех $(P+1)$ ПЧ гарнизона, исходя из конкретных особенностей региона (административного района, области).

Достоинства методики [7] заключаются в следующем:

- она рассчитана на поэтапный ввод в строй дополнительных ПЧ вплоть до выполнения требований ФЗ [3] и ГОСТ 12.1.004–91* [1] с учетом возможностей федерального бюджета и бюджетов регионов;
- методика позволяет количественно и объективно оценить эффект от ввода в строй дополнительных ПЧ и изменения границ районов их выезда;
- методика доступна (может применяться в гарнизонах ПО, поскольку не требует сложных компьютерных программ — достаточно Excel), “прозрачна” (все расчеты могут быть проверены на любом этапе) и “открыта” (могут быть скорректированы данные о НП и,

при необходимости, учтены дополнительные факторы — степень огнестойкости зданий и сооружений в НП, категории их взрывопожарной и пожарной опасности, этажность, достаточность противопожарного водоснабжения и др.);

- с ее использованием в гарнизонах ПО могут быть предварительно проработаны варианты оперативного перезакрепления НП за свободными ПЧ, если караул какой-либо ПЧ убывает на тушение пожара в своем районе выезда.

Методика [7] была апробирована специалистами СПБУ ГПС МЧС России на примере Ленинградской обл. и показала свою эффективность. Это дает основание рассмотреть вопрос о внесении ее в качестве рекомендуемого приложения в ФЗ [3] и СП [4].

Выводы

Таким образом, в настоящее время разработаны несколько подходов и реализующих их методик, заданных нормативно и отработанных практически, позволяющих решать проблему рационального размещения вновь создаваемых ПЧ в регионах РФ. Использование методик специалистами ПО совместно с администрацией регионов позволяет снизить уровень пожарной опасности НП в сельской местности и добиться в перспективе выполнения требований ФЗ № 123 [3] и ГОСТ 12.1.004–91* [1]. Для удобства сравнительные данные методик сведены в таблицу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.1.004–91*. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. — Введ. 01.07.1992 г. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 2002. — 91 с.
2. СНиП 2.07.01–89*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений : постановление Госстроя СССР от 16.05.1989 г. № 78; введ. 01.01.1990 г. — М. : ГП ЦПП, 1994.
3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008 г.; одобрен Сов. Федерации 11.07.2008 г. // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.
4. СП 11.13130.2009. Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения : приказ МЧС России от 25.04.2009 г. № 181; введ. 01.05.2009 г. — М. : ВНИИПО, 2009. — 14 с.
5. О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска : постановление Правительства РФ от 31.03.2009 г. № 272; введ. 01.05.2009 г. // Российская газета. — 8 апреля 2009 г. — Федер. вып. № 4884.
6. СП 59.13330.2011. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения : приказ Минрегиона России от 27.12.2011 г. № 605; введ. 01.01.2013 г. — М. : ООО “Аналитик”, 2012. — 58 с.
7. Методические рекомендации по определению рациональной дислокации вновь создаваемых пожарных частей в населенных пунктах районов и областей и оптимизация районов обслуживания : учебное пособие / Под ред. В. С. Артамонова. — СПб : СПбУ ГПС МЧС России, 2010.
8. Добров Г. М., Еришов Ю. В., Левин Е. И., Смирнов Л. П. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании. — К. : Наукова думка, 1974. — 160 с.
9. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М. : Радио и связь, 1993. — 278 с.

Материал поступил в редакцию 12 марта 2013 г.

English

ON THE PROBLEM OF PLACING NEWLY CREATED FIRE BRIGADES IN THE TERRITORIES OF THE REGIONS

TARANTSEV A. A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor
of Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia
(Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation;
e-mail address: t_54@mail.ru)

ABSTRACT

Discusses various approaches to determining the required number of fire brigades in urban and rural localities. Comparative estimation approaches—approaches based on normative documents (state standard, federal law, set of rules), on the application of computer simulation and calculation of fire system vulnerabilities. Justification to increase the number of fire brigades in the territories of the regions in the localities with the highest fire vulnerability. To optimize the locations of fire exit parts on two criteria — for the general decline in the region’s vulnerability to fire and fluidity of workloads to the fire brigade.

Keywords: fire department; accommodation; district; village of vulnerability.

REFERENCES

1. *State Standard 12.1.004–91*. Occupational safety standards system. Fire safety. General requirements.* Moscow, IPK Izdatelstvo Standartov Publ., 2002. 91 p. (in Russian).
2. *Construction Norms and Rules 2.07.01–89*. Municipal engineering. Planning and building up for urban settlements and rural villages.* Moscow, GP TsPP Publ., 1994 (in Russian).
3. *Technical Regulations on Fire Safety: Law of Russian Federation on 22.07.2008 No. 123.* Collection of Laws of the Russian Federation, 2008, no. 30 (part I), art. 3579 (in Russian).

4. *Set of Rules 11.13130.2009. Location of fire service divisions. Procedure and methods of determination.* Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009. 14 p. (in Russian).
5. O poryadke provedeniya raschetov po otsenke pozharnogo riska [About procedure for carrying out calculated fire risks]. *Rossiyskaya gazeta — Russian Newspaper*, 8 April 2009, no. 4884.
6. *Set of Rules 59.13330.2011. Accessibility of buildings and structures for persons with disabilities and persons with reduced mobility.* Moscow, Analitik Ltd. Publ., 2012. 58 p. (in Russian).
7. Artamonov V. S. (ed.). *Metodicheskiye rekomendatsii po opredeleniyu ratsionalnoy dislokatsii vnov sozdavayemykh pozharnykh chastey v naseleennykh punktakh rayonov i oblastey i optimizatsiya rayonov obsluzhivaniya: uchebnoye posobiye* [Guidelines on detection of rational dislocation of newly established fire departments in district and regional residential places and optimization of service areas. Tutorial]. Saint Petersburg, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia Publ., 2010.
8. Dobrov G. M., Yershov Yu. V., Levin Ye. I., Smirnov L. P. *Ekspertnyye otsenki v nauchno-tekhniche-skom prognozirovanii* [Expert judgements in scientific and technological forecasting]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1974. 160 p.
9. Saaty T. L. *Prinyatiye resheniy. Metod analiza ierarkhiy* [Decision-making. Analytic Hierarchy Process]. Moscow, Radio i Svyaz Publ., 1993. 278 p.



Издательство «ПОЖНАУКА»

ВНИМАНИЕ! Распространяется БЕСПЛАТНО!



А. Я. Корольченко, О. Н. Корольченко
СРЕДСТВА ОГНЕ- и БИОЗАЩИТЫ
 Изд. 3-е, перераб. и доп. — 2010. — 250 с.

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

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

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

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

ВЫСТАВКИ ТЕХНОЛОГИЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ



СибБезопасность

Международная выставка «Охрана и пожарная безопасность»

Антитеррор: комплексная безопасность

Конференция-выставка

25 – 27 сентября 2013 года

Россия, Новосибирск



ITE Сибирская Ярмарка
Телефон: (383) 363-00-63, 363-00-36
sips@sibfair.ru

Место проведения
«Новосибирск Экспоцентр»

Получите электронный билет на сайте
www.sips-siberia.ru

Генеральный информационный партнер

PROSYSTEM

РЕКЛАМА

При поддержке:



Правительство
Новосибирской области



Администрация
города Новосибирска



Сибирский
региональный центр
МЧС России



Главное управление
МЧС России по
Новосибирской области



Управление Федеральной
службы безопасности
по Новосибирской области



Главное Управление
МВД России по
Новосибирской области



Управление по транспорту
МВД России по Сибирскому
Федеральному округу



Сибирское территориальное
управление Федерального
агентства железнодорожного
транспорта



УГАН НОТБ СВО
Ространснадзор

М. В. АЛЕШКОВ, канд. техн. наук, заместитель начальника Академии Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: aleshkov.m@mail.ru)

УДК 614.846.6(211)

ОСОБЕННОСТИ ТУШЕНИЯ КРУПНЫХ ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПРИ ВНЕШНЕМ ВОЗДЕЙСТВИИ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Рассмотрено климатическое районирование территории Российской Федерации. Проанализирована география возникновения и распространения такого опасного природного явления, как аномально холодная погода. Исследованы статистические параметры крупных пожаров, происшедших в России за период 1985–2011 гг. Предложены технические решения, которые могут оказать влияние на факторы, способствующие развитию пожаров до крупных размеров.

Ключевые слова: климатические районы; экстремально низкие температуры; крупные пожары; насосно-рукавная система; пожарный автомобиль в северном исполнении.

На территории России расположены пять климатических районов (рис. 1). Причем холодные климатические районы занимают более 86 % территории страны [1]. В них проживает 34,8 % населения страны, находятся основные объекты топливно-энергетического комплекса (до 70 %), размещаются огромные запасы ресурсов нашей страны.

Для этих территорий характерен суровый климат, особенно в зимний период года. Значения абсолютных минимальных температур воздуха понижаются по направлению от европейской части страны на восток и, как правило, от побережья вглубь страны.

Наиболее холодными являются внутренние континентальные районы Якутии, где минимальные температуры зимой опускаются почти до минус 70 °С. Минимальные температуры воздуха (до минус 60 °С) отмечаются также в Магаданской области, Хабаровском крае, на Чукотке. 50-градусные морозы характерны для Сибири и Дальнего Востока. Вероят-

ность значительного понижения температур более чем на 20 °С относительно средней январской выскока и в европейской части России, что обусловлено вторжением арктических воздушных масс.

Надо отметить, что зимы последних лет в России достаточно холодные: в целом среднестатистические показатели температуры ниже нормативных значений [2]. Так, зимой 2010–2011 гг. средняя за зиму температура на большей части территории России была на 2–3 °С ниже нормы. В декабре 2010 г. арктический воздух заморозил большую часть России, и прежде всего северные и центральные районы европейской территории страны, а также Урал и Сибирь. На этих территориях (Архангельская, Ярославская, Костромская, Тюменская области) были установлены новые минимальные суточные температуры воздуха. Морозы до минус 45 °С пришли на юг Западной Сибири (Омская, Томская, Новосибирская области), а на юге Красноярского края, Кемеровской области и Забайкалья температура опускалась до минус 50 °С. Самой холодной за последние 20 лет оказалась зима 2012–2013 гг.

Как видим, на территории России в зимний период года наблюдается такое опасное природное явление, как аномально холодная погода с экстремально низкими температурами окружающей среды [3]. Для холодных климатических районов России диапазон экстремально низких температур довольно широк — от $t_{\text{extrem}}^{\text{max}} = -25$ °С до $t_{\text{extrem}}^{\text{min}} = -64,4$ °С (рис. 2).

Следует отметить, что многообразие климатических районов на территории России определяет и различные условия деятельности пожарных подразделений. Особенно ярко эти различия проявляются в зимний период года, когда эффективность деятель-



Рис. 1. Климатическое районирование территории Российской Федерации

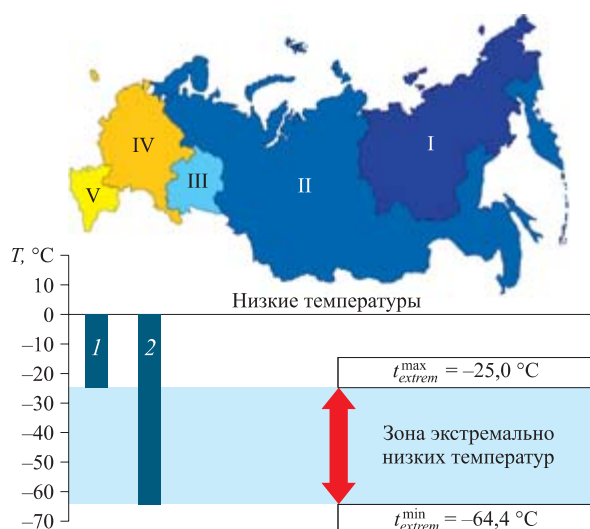


Рис. 2. Зона экстремально низких температур в холодных климатических районах России: 1 и 2 — верхняя и нижняя границы экстремальных температур соответственно

ности пожарных подразделений зависит не только от уровня подготовки личного состава и оснащенности техникой, но и от степени влияния на технику климатических факторов.

Для сравнения условий деятельности подразделений, находящихся в различных климатических районах, был проведен статистический анализ пожаров, происшедших на территории России. Установлено, что общее количество пожаров в России, начиная с 1995 г., имеет тенденцию к снижению. Причем ежемесячное количество пожаров в течение каждого года отличается незначительно; разница в количестве зимних и летних пожаров составляет всего 18–20 % [4].

Что касается гибели людей на пожарах, то здесь складывается совершенно иная картина, хотя с 2002 г. также наблюдается тенденция к снижению показателя гибели людей. Но если проанализировать ежемесячную гибель в течение года, то гибель в зимние месяцы на 65–70 % больше, чем в летний период года (рис. 3). При незначительном различии числа пожаров по месяцам это может свидетельствовать о снижении эффективности деятельности подразделений.

Для более детального изучения пожарной обстановки в России был проведен статистический анализ всех крупных пожаров, происшедших на ее территории за 27 лет (1985–2011 гг.). Анализ показал, что ежегодное количество крупных пожаров в России не превышает 0,05 % от общего числа пожаров, тогда как ущерб от них достигает 40 % от всего ущерба, причиняемого пожарами.

В качестве основных критериев оценки ситуации рассматривались: климатический район возникновения пожара, количество пожаров, время ту-

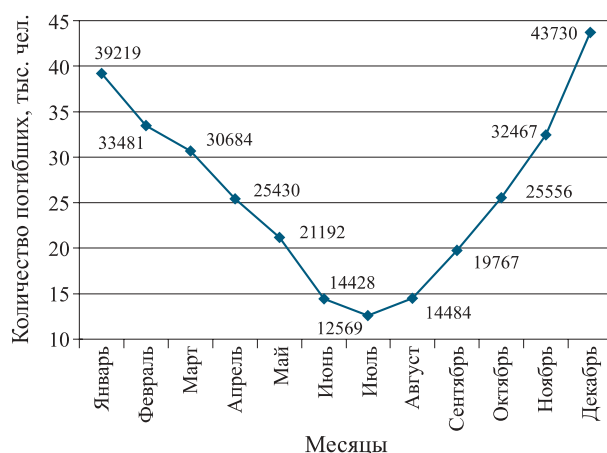


Рис. 3. Количество погибших на пожарах по месяцам в период 1990–2010 гг.

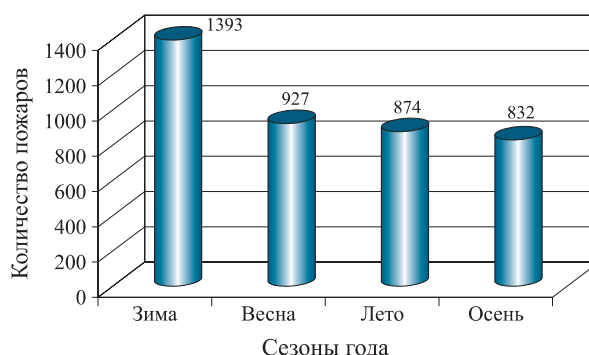


Рис. 4. Распределение крупных пожаров, происшедших на территории России за период 1985–2011 гг., по сезонам года

шения пожара, температура окружающей среды при тушении.

В результате статистической обработки описаний крупных пожаров получены следующие данные. На зимний период года за рассматриваемый период пришлось почти 1393 крупных пожара, что составляет почти 35 % от всех происшедших за данный период пожаров (рис. 4).

Исходя из неравномерности распределения населения России по различным климатическим районам, с целью объективной оценки ситуации нами был введен критерий учета крупных пожаров по регионально-климатическому фактору, который определяется как

$$K_{к.р} = 100000N_{\text{пж}}/N_{\text{чел}}$$

и показывает, какое количество крупных пожаров приходится на 100 тыс. населения, проживающего в рассматриваемом климатическом районе, за определенный период времени (рис. 5).

Анализируя полученные данные, можно отметить следующее. В очень холодном климатическом районе на 100 тыс. проживающего там населения в зимний период года пришлось 12,7 крупных пожаров. В умеренном климатическом районе этот пока-



I — очень холодный район
II — холодный район
III — умеренно холодный район
IV — умеренный район
V — умеренно теплый район

Рис. 5. Количество крупных пожаров, приходящихся на 100 тыс. населения, проживающего в том или ином климатическом районе России, за период 1985–2011 гг.

затель составил 0,59. Это означает, что при одинаковом количестве населения в очень холодном климатическом районе в 20 раз чаще фиксировались крупные пожары, что позволяет говорить о значительном влиянии на оперативную обстановку с пожарами природно-климатических факторов.

Необходимо было установить, при каких температурах окружающего воздуха осуществляется тушение крупных пожаров и в течение какого времени (рис. 6).

Так, если среднее время тушения пожаров в России составляет порядка 48 мин, то крупные пожары, происшедшие зимой, тушатся в среднем за 286 мин (т. е. более 4,5 ч). А далее, чем ниже температура, при которой тушится пожар, тем больше среднее время тушения. И при температуре ниже минус 50 °C среднее время тушения крупного пожара составляет более 7,5 ч.

Закономерно возникает вопрос, а как же люди и техника работают в таких условиях? На основе ре-

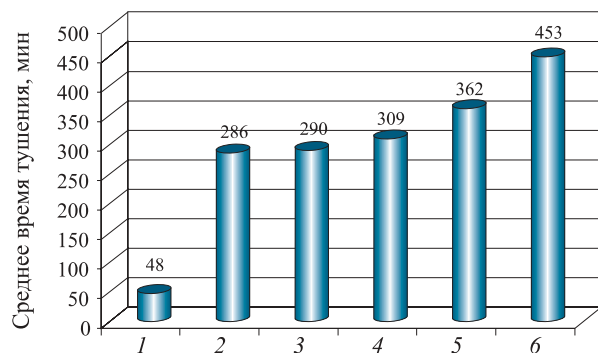


Рис. 6. Среднее время тушения пожаров, происшедших на территории России в период 1985–1994 гг., в зависимости от климатических условий: 1 — все происшедшие пожары; 2 — крупные пожары, происшедшие зимой; 3 — то же, при температурах [–20; –30 °C]; 4 — то же, при температурах [–30; –40 °C]; 5 — то же, при температурах [–40; –50 °C]; 6 — то же, при температурах ниже минус 50 °C

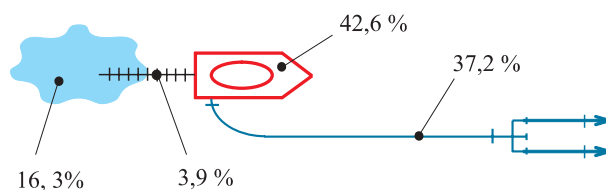


Рис. 7. Распределение отказов элементов насосно-рукавной системы пожарного автомобиля вследствие влияния низких температур

зультатов анализа почти 1000 крупных пожаров, которые тушились в условиях низких температур, был сформирован массив отказов, происшедших из-за негативного влияния на технику факторов окружающей среды.

Рассматривая насосно-рукавную систему пожарного автомобиля как основное техническое средство обеспечения тушения пожара, установили распределение отказов элементов этой системы вследствие влияния на нее низких температур (рис. 7).

Как видно из рис. 7, наибольшее количество отказов приходится на пожарный автомобиль (42,6 %) и напорную линию (37,2 %). Это одна из причин, по которой пожары в зимний период года развиваются до крупных размеров. Если обеспечить работоспособность насосно-рукавной системы пожарного автомобиля и самого автомобиля в условиях низких температур, то можно значительно повысить эффективность действий пожарных подразделений. Дальнейшие наши исследования как раз и проводились в этих двух направлениях.

Более детально было рассмотрено, на какие элементы конструкции пожарного автомобиля, в данном случае пожарной автоцистерны, оказывают негативное влияние низкие температуры воздуха. Установлено, что значительное количество отказов (69,6 %) приходится на насосную установку автомобиля; 17,4 % отказов связано с замерзанием вентилей, клапанов и задвижек водопенных коммуникаций, 4,3 % — с замерзанием вакуумной системы насоса и 8,7 % — с нарушением теплового режима двигателя пожарного автомобиля вследствие воздействия низких температур (рис. 8).

Анализируя полученный статистический материал, мы установили, что практически все эксплуатируемые в настоящее время пожарные автомобили имеют климатическое исполнение У, что позволяет обеспечивать работоспособность самого автомобиля при температурах до минус 45 °C. Насосно-рукавная система в этом случае не имеет какой-либо защиты. Как видно из рис. 9, нижняя граница температуры эксплуатации (минус 45 °C) попадает в зону экстремально низких температур, но перекрывает только часть этой зоны. В условиях эксплуатации ниже этой температуры мы не имеем права приме-

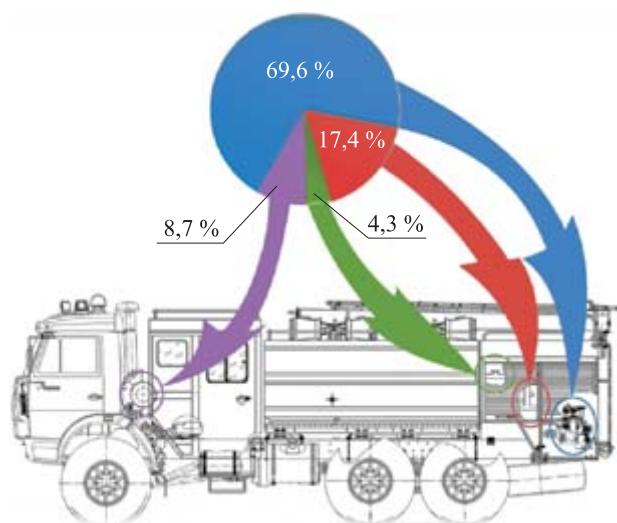


Рис. 8. Распределение отказов узлов и элементов пожарной автоцистерны при воздействии низких температур

нять существующую технику, так как велика вероятность ее отказа [5].

В таких условиях должна применяться пожарная техника в климатическом исполнении ХЛ с температурой эксплуатации до минус 60 °С. Эта задача может быть решена только путем создания пожарного автомобиля в северном исполнении.

В Академии Государственной противопожарной службы на протяжении почти 30 лет ведутся исследовательские работы в этой области. Сформировалось понимание этой проблемы и пути ее решения. Предложена концепция создания “северного” пожарного автомобиля, которая базируется на четырех основных положениях:

- 1) базовое шасси автомобиля должно быть в климатическом исполнении ХЛ, рассчитанном на температуру эксплуатации минус 60 °С;
- 2) пожарная надстройка должна быть рассчитана на температуру эксплуатации минус 60 °С и защищать все узлы и элементы пожарного автомобиля;
- 3) должна быть обеспечена работоспособность насосно-рукавной системы пожарного автомобиля при температуре эксплуатации до минус 60 °С;
- 4) на автомобиле должно применяться пожарное и аварийно-спасательное оборудование в климатическом исполнении ХЛ.

В 2011 г. учеными Академии ГПС МЧС России совместно с инженерным составом ОАО “Варгашинский завод противопожарного и специального оборудования” при участии Якутского отделения РАН был разработан и создан пожарно-спасательный автомобиль (ПСА) в климатическом исполнении ХЛ — ПСА-С-6,0-40(6339) (рис. 10), предназначенный для эксплуатации при температурах до минус 60 °С. В этом автомобиле заложена предлагаемая выше концепция.

Автомобиль изготовлен на шасси “IVECO AMT 6339” российского производства с показателем температуры эксплуатации от минус 60 до +40 °С с возможностью кратковременной работы при температуре окружающего воздуха до минус 70 °С. Все элементы пожарной надстройки имеют дополнительный обогрев. Насос имеет среднее расположение за кабиной водителя в утепленном модуле. Все элементы водопенных коммуникаций обогреваются батареями, использующими тепло отработанных газов двигателя. Для обеспечения работоспособности насосно-рукавной системы применяется кавитационный насос, который способен подогревать 2 л воды в секунду до 70 °С, обеспечивая тем самым работоспособность системы при температуре окружающего воздуха до минус 60 °С [6].

В 2012 г. с целью расширения номенклатуры “северной” пожарной техники ученые академии со-



Рис. 9. Распределение нижней границы климатического исполнения техники У и ХЛ в зоне экстремально низких температур января в холодных регионах России



Рис. 10. Пожарно-спасательный автомобиль в климатическом исполнении ХЛ ПСА-С-6,0-40(6339)



Рис. 11. Пожарная автоцистерна в климатическом исполнении ХЛ АЦ-С-8,0-70(6339)

вместно с инженерным составом завода-производителя разработали и создали пожарную автоцистерну в климатическом исполнении ХЛ (рис. 11). Отличительной особенностью этой АЦ является увеличен-

ный до 8 т запас воды, более мощный насос с подачей 70 л/с и заднее расположение насоса в обогреваемом модуле. Водопенные коммуникации имеют полное дистанционное управление из кабины водителя.

Данные автомобили прошли опытную эксплуатацию в г. Якутске и в настоящее время находятся на вооружении пожарной охраны: ПСА — в Ханты-Мансийском гарнизоне, а АЦ — на севере Красноярского края.

Применение в холодных климатических районах России специальной пожарной техники в северном исполнении позволит значительно снизить негативное влияние на нее опасных природных явлений в условиях низких температур. Это окажет свое воздействие на оперативную обстановку и ограничит возможность развития пожаров до крупных размеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 16350–80. Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей. — Введ. 01.07.81 г. — М. : Изд-во стандартов, 1981. — 92 с.
2. Основные погодно-климатические особенности, наблюдавшиеся на северном полушарии земли зимой 2010–2011 гг. Гидрометцентр России. URL : <http://www.meteoinfo.ru> (дата обращения: 25.03.2013 г.)
3. РД 52.88.699–2008. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений : приказ Росгидромета от 16.10.2008 г. № 387; введ. 01.01.2009 г. — М., 2008.
4. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году : статистический сборник / Под общ. ред. В. И. Климкина. — М. : ВНИИПО, 2012. — 137 с.
5. ГОСТ 15150–69*. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения, транспортировки в части воздействия климатических факторов внешней среды. — Введ. 01.01.71 г. — М. : Стандартинформ, 2006. — 58 с.
6. Алешков М. В. От концепции создания до разработки основного пожарного автомобиля северного исполнения // Пожарная безопасность. — 2012. — № 3. — С. 131–135.

Материал поступил в редакцию 3 марта 2013 г.

English

PECULIARITIES OF EXTINGUISHING LARGE-SCALE FIRES ON THE TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERATION UNDER THE EXTERNAL EFFECT OF HAZARDOUS NATURAL PHENOMENA

ALESHKOV M. V., Candidate of Technical Sciences, Deputy Chief of State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: aleshkov.m@mail.ru)

ABSTRACT

The article considers particular qualities of climate on the territory of Russia. The analysis of temperature parameters in winter period during the last three years is given. The zone of extremely low temperatures for cold climate regions of Russia is defined. Statistics on a number of tolls and large-scale fires in different year periods is analyzed. The article also considers for how long and at what ambient temperatures large-scale fire extinguishment takes place. Statistics on failures of fire appli-

ances caused by negative influence of low temperatures is given. The concept of creating a northern version of a fire appliance is considered.

Tactical and technical characteristics of fire appliances (northern version) created with the participation of State Fire Academy of Emercom of Russia are given.

Keywords: climate zones; extremely low temperatures; large-scale fires; hose-pump system; northern version of a fire appliance.

REFERENCES

1. *State Standard 16350–80. Climate of the USSR. Regionalizing and statistical parameters of climatic factors for technical purposes.* Moscow, Izdatelstvo standartov Publ., 1981. 92 p. (in Russian).
2. *Osnovnyye pogodno-klimaticheskiye osobennosti, nablyudavshiesya na severnom polusharii zemli zimoy 2010–2011gg. Gidromettsentr Rossii* [The main weather and climatic characteristics, observations on northern hemisphere in winter 2010–2011. Meteorological Office in Russia]. Available at: <http://www.meteoinfo.ru> (Accessed 25 March 2013).
3. *Management Document 52.88.699–2008. About precedence rule of institutions and organizations in the event of the threat of the arising and uprising of Natural Hazards.* Moscow, 2008 (in Russian).
4. Klimkin V. I., ed. *Pozhary i požarnaya bezopasnost v 2011 godu: statisticheskiy sbornik* [Fires and fire safety in 2011. Collection of Statistical Reports]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2012. 137 p.
5. *State Standard 15150–69*. Machines, instruments and other industrial products. Modifications for different climatic regions. Categories, operating, storage and transportation conditions as to environment climatic aspects influence.* Moscow, Standartinform Publ., 2006. 58 p. (in Russian).
6. Aleshkov M. V. *Ot kontseptsii sozdaniya do razrabotki osnovnogo požarnogo avtomobilya severnogo ispolneniya* [From designing concept to development of the basic fire appliance (version for the north)]. *Požarnaya bezopasnost — Fire Safety*, 2012, no. 3, pp. 131–135.

ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПОЖНАУКА» ПРЕДЛАГАЕТ ВАШЕМУ ВНИМАНИЮ

Л. П. Пилюгин

Прогнозирование последствий внутренних аварийных взрывов



Настоящая книга посвящена проблеме прогнозирования последствий внутренних взрывов газо-, паро- и пылевоздушных горючих смесей (ГС), образующихся при аварийных ситуациях на взрывоопасных производствах. В книге материал излагается применительно к дефлаграционным взрывам, которые обычно имеют место при горении ГС на взрывоопасных производствах.

В качестве основных показателей при прогнозировании последствий аварийных взрывов ГС рассматриваются ожидаемый характер и объем разрушений строительных конструкций в здании (сооружении), в котором происходит аварийный взрыв.

Книга продолжает исследования автора в области проектирования зданий взрывоопасных производств и оценки надежности строительных конструкций (на основе метода преобразования рядов распределения случайных величин).

С использованием методов теории вероятностей разработаны методики: определения характеристик взрывной нагрузки как случайной величины; оценки вероятностей разрушения конструкций, характера и объема разрушений в здании при внутреннем аварийном взрыве. Приведенные методики сопровождаются примерами расчетов для зданий различных объемно-планировочных решений.

Web-сайт: firepress.ru
Эл. почта: info@fire-smi.ru,
mail@firepress.ru
Тел.: (495) 228-09-03

В. П. ЗАРУБИН, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры механики и инженерной графики, ФГБОУ ВПО Ивановский институт Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33)

В. В. КИСЕЛЕВ, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры механики и инженерной графики, ФГБОУ ВПО Ивановский институт Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33; e-mail: slavakis76@mail.ru)

А. В. ТОПОРОВ, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры механики и инженерной графики, ФГБОУ ВПО Ивановский институт Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33; e-mail: ironeaxe@mail.ru)

П. В. ПУЧКОВ, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры механики и инженерной графики, ФГБОУ ВПО Ивановский институт Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33)

А. А. МЕЛЬНИКОВ, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры механики и инженерной графики, ФГБОУ ВПО Ивановский институт Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33)

УДК 669.058

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОПОРОШКОВ СИЛИКАТОВ В СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКЕ

Разработан порошок искусственного серпентина с частицами наноразмеров, который может являться универсальным наполнителем масел и смазок, используемых в пожарной технике. Представлены результаты экспериментальных исследований по изучению влияния на основные триботехнические характеристики смазочных композиций с нанопорошками искусственно полученных серпентинов. Показано, что применение в качестве наполнителя такого порошка положительно влияет на триботехнические свойства смазок, что способствует повышению надежности пожарной техники.

Ключевые слова: смазка; износ; пожарная техника; геомодификатор трения.

Введение

Повышение надежности автотранспортных средств, используемых в системе МЧС и в любой другой сфере, является важной хозяйственной задачей. Результаты анализа эксплуатационных испытаний на пробегах пожарных автомобилей, близких к капитальному ремонту, в качестве основной причины отказов указывают на преждевременный износ трущихся поверхностей [1].

Интенсивно используемая автомобильная техника подвержена негативным воздействиям ряда факторов. Это и неуставившийся режим работы, и реверс, и вибрации, и возможность попадания абразивных частиц в зону контакта трущихся поверхностей, и фактор неблагоприятного воздействия внешних условий эксплуатации, обусловленный как переменными нагрузками, так и изменениями в окружающей среде. Все это приводит к существенному

повышению интенсивности изнашивания трущихся поверхностей деталей машин.

Одним из способов повышения надежности пожарной техники является улучшение триботехнических показателей смазочных материалов. Авторами проводится активная работа по разработке различных присадок и добавок к смазочным материалам. В работе [1] описано действие разработанной присадки на основе солей мягких металлов и ее положительное влияние на исследованные смазочные материалы. Однако в дальнейших исследованиях были выявлены некоторые недостатки присадки, а именно невозможность растворения в синтетических маслах и некоторых консистентных смазках.

Широко используемый в последние годы в качестве наполнителя масел и смазок порошок измельченного природного серпентина — геомодифика-

тора трения (ГМТ) — также не лишен недостатков. Дело в том, что он содержит в виде примесей большое количество оксидов и других компонентов (алюминий, железо, никель, кремний, магний, асбест, шпат, базальт и др.), роль которых в зоне трения является неоднозначной. Кроме того, большой разброс по содержанию примесей и гранулометрическому составу измельченного минерала, присутствие в составе крупных твердых частиц может привести к абразивному износу антифрикционных сплавов.

Эффективность наполнителей определяется поверхностными явлениями, возникающими на границе раздела фаз. С уменьшением размера частиц наполнителя увеличивается удельная площадь поверхности и, соответственно, возрастает роль поверхностных явлений и связанная с ними активность добавок.

Известно, что по химическому и фазовому составу порошки природного геомодификатора представляют собой классический магнезиально-железистый силикат (серпентин), относящийся к минеральным рудам класса оливинов, конечными фазами которого являются форстерит (Mg_2SiO_4) и фаялит (Fe_2SiO_4).

Поскольку минералы, входящие в состав геомодификаторов, химически инертны, то на эксплуатационные свойства масел они действия не оказывают. Изначально ГМТ представляют собой абразивные частицы невысокой твердости. Попадая в зону трущихся деталей, они под воздействием энергии трения вступают в реакцию с металлом и образуют на нем гладкий металлокерамический слой (согласно рекламным описаниям), благодаря чему смазочные материалы с ГМТ могут применяться практически во всех машинах и механизмах.

Большинство производителей, выпускающих металлокерамические восстановители в качестве наполнителя к маслам и смазкам, применяют природный серпентин и его разновидности, основным недостатком которых является сложность измельчения минерала. В большинстве патентов, описывающих подобные процессы, размер частиц порошков серпентина находится в пределах 1–40 мкм. А это значит, что крупные фракции наполнителя могут задерживаться фильтрами тонкой очистки. Попадая затем в зазоры трущихся поверхностей, они работают как абразивные. Следствием применения таких наполнителей является высокая интенсивность изнашивания (3,2–5,2 мкм/км) и большой коэффициент трения (0,08–0,16).

Важным недостатком, на наш взгляд, является отсутствие систематических исследований работоспособности предлагаемых ГМТ. В технической литературе и патентах приводятся только данные по улучшению отдельных свойств или комплекса свойств.

Постановка задачи

В связи с вышеизложенным авторы, не отрицая положительной роли порошка природного серпентина как наполнителя, поставили задачу разработать порошок искусственного серпентина, который, будучи лишен недостатков природного и являясь его аналогом, но с частицами наноразмеров, может стать универсальным наполнителем масел и смазок.

Серпентин представляет собой слоистую разновидность гидросиликатов магния с общей формулой $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. Он может быть синтезирован с применением геля кремниевой кислоты и соединений магния (растворимых и нерастворимых).

Золь-гель-технология является основным методом синтеза антигорита различной степени дисперсности и большей степени чистоты, чем природный.

Другим способом получения искусственного серпентина является гидротермальный синтез, который включает обработку смеси гидроксида магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$ и кремнийорганического эфира при температуре свыше 300 °С и давлении более 3,5 МПа.

Методика проведения эксперимента

Исследование полученных разными методами порошков серпентина проводили на рентгеновском дифрактометре ДРОН-2,0 общего назначения. Параметры измерений были выбраны следующие: напряжение на рентгеновской трубке $U = 40$ кВ; ток рентгеновской трубки $I = 20$ мА; скорость счетчика 4 град/мин, излучение — CuK_α (где Cu — материал анода — медь; K_α — часть спектра α -излучения).

Разработанные геомодификаторы выступали в качестве наполнителя к маслу (И-20). На основе масла И-20 были получены смазочные композиции (№ 1, 2 и 3), содержащие 10 % геомодификатора трения. Композиция № 1 содержит природный ГМТ, композиции № 2 и 3 — 10 % искусственного аналога геомодификатора трения, полученного соответственно гидротермальным синтезом и по золь-гель-технологии.

Размер частиц синтезированного минерала определяли с помощью лазерного дисперсионного анализатора микрочастиц “Analizetter 22”.

Триботехнические свойства разработанных серпентиноподобных соединений определялись на частичном вкладыше и контртеле (рис. 1), изготовленных из стали 45 (по ГОСТ 1050–88*) с поверхностной твердостью 45–48 HRC. Все образцы имели рабочие поверхности с шероховатостью $Ra = 0,16$ [2].

Исследование триботехнических характеристик разработанных присадок проводилось на машине для испытания материалов на трение и износ модели СМТ-1 (рис. 2).

При исследовании износостойкости образца в присутствии разработанной смазочной композиции

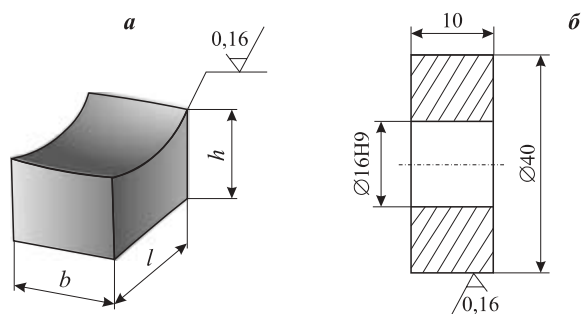


Рис. 1. Частичный вкладыш (а) и контртело (б) для проведения испытаний на трение и изнашивание

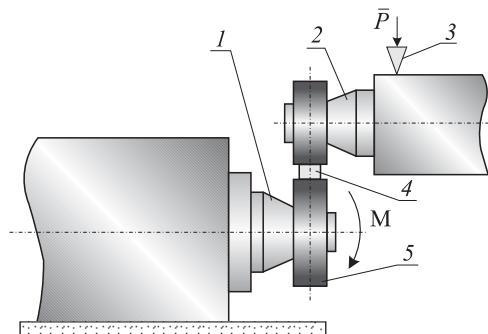


Рис. 2. Упрощенная схема узла трения машины СМТ-1: 1 — нижний (вращающийся) вал; 2 — верхний (неподвижный) вал; 3 — нагружающее устройство; 4 — образец; 5 — контртело

были выбраны усредненные режимы трения применительно к режимам работы большинства узлов трения машин и аппаратов: скорость скольжения составляла 1 м/с; нагрузка повышалась ступенчато до резкого увеличения момента трения; смазочная композиция вводилась в зону трения капельным способом — 8–10 капель в минуту.

Поскольку, как известно из ранних работ, геомодификатор трения организует на поверхностях контакта слой с повышенной микротвердостью, было исследовано изменение микротвердости поверхностного слоя образцов при изнашивании.

Результаты и их обсуждение

Из исследованных смазочных композиций следует выделить смазочную композицию № 3. При введении в масло порошка этого наполнителя коэффициент трения снижался более чем в 5 раз при давлении до 3 МПа, интенсивность изнашивания уменьшалась в 2–4 раза во всем диапазоне исследованных давлений. Улучшение триботехнических свойств масла можно объяснить образованием на поверхности стальных образцов слоя с повышенной микротвердостью (микротвердость поверхности трения увеличилась в 1,5–2 раза). Попадая в зону трения, частицы наполнителя под действием нагрузки разрушались с выделением большого количества тепла и внедрялись в верхние слои металла, размягчая их. Повышенная микротвердость оказывает непосред-

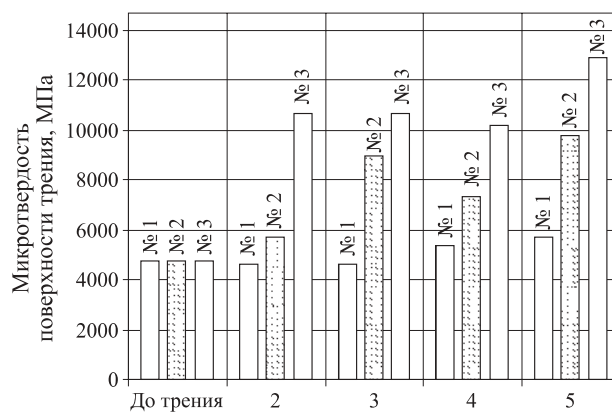


Рис. 3. Зависимость микротвердости поверхности трения от давления для смазочных композиций № 1–3

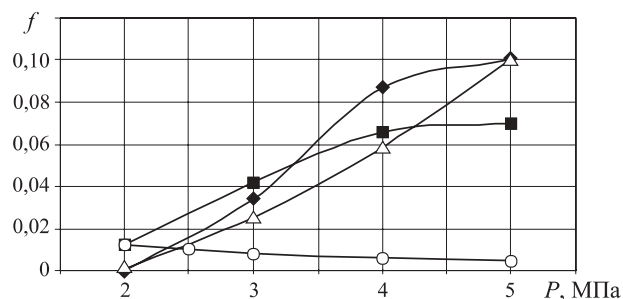


Рис. 4. Зависимость коэффициента трения от давления на образец: ■ — масло И-20 без наполнителей; △ — композиция № 1; ◆ — композиция № 2; ○ — композиция № 3

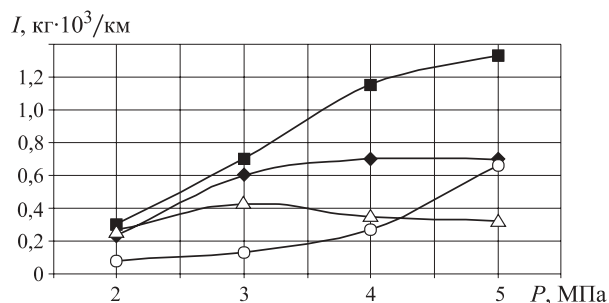


Рис. 5. Зависимость интенсивности изнашивания от давления на образец: ■ — масло И-20 без наполнителей; △ — композиция № 1; ◆ — композиция № 2; ○ — композиция № 3

ственное влияние на снижение интенсивности изнашивания и, как следствие, обеспечивает продление срока службы узла трения. Изменение микротвердости поверхности трения стальных образцов показано на рис. 3.

Результаты триботехнических испытаний масла И-20 с 10 % масс. разработанных наполнителей представлены на рис. 4 и 5.

Анализируя результаты исследований, можно сделать следующие выводы:

1. Смазочная композиция № 1 проявила себя как противоизносная. В ее присутствии интенсивность изнашивания снизилась в 2–4 раза. Коэффициент

трения при этом мало отличался от значений коэффициента трения в масле без наполнителей. Микротвердость поверхности трения частичного вкладыша увеличилась в 1,5–2 раза. Таким образом, смазочная композиция № 1 снизила интенсивность изнашивания за счет образования на поверхности трения прочного слоя.

2. Смазочная композиция № 2 мало отличается от смазочной композиции № 1. В ее присутствии коэффициент трения снизился в 1,5–2 раза, интенсивность изнашивания уменьшилась в 1,5–2,5 раза, микротвердость поверхности трения увеличилась в 1,5–3 раза.

3. Лучшие триботехнические характеристики показала смазочная композиция № 3: коэффициент трения снизился в 5–12 раз, интенсивность изнашивания уменьшилась в 3–4 раза, микротвердость поверхности трения увеличилась в 1,5 раза.

Исследования показали, что использование в качестве наполнителя к смазочным материалам порошков серпентинитов приводит к улучшению триботехнических свойств. Снижение коэффициента трения и интенсивности изнашивания связано с образованием на поверхности трения слоя с повышенной твердостью.

Положительный эффект от использования в качестве наполнителей к маслам силикатных наполнителей напрямую зависит от дисперсности порошков минералов, вводимых в смазку.

На рис. 6 представлены снимки исследованных порошков наполнителей.

Для контроля размеров частиц наполнителей и количества тех или иных частиц в составе порошков использовался лазерный дисперсионный анализатор микрочастиц “Analizetter 22”, работа которого основана на принципе возможных перемещений электромагнитных волн. Через жидкость с порошком проходит лазерный луч и отражается от частиц под разными углами, которые зависят от размера и оптических свойств частиц. Прибор имеет набор линз, концентрирующих отраженный свет в пучок. При попадании пучка света на измеряющий датчик последний посылает сигнал в компьютер,

который с помощью комплекса математических программ рассчитывает размер частиц исследуемого порошка.

Из данных лазерного дисперсионного анализатора микрочастиц следует, что наполнитель № 1 имеет 85 % частиц размером менее 40 мкм, наполнитель № 2 — 93 %, наполнитель № 3 — 96 %, что говорит о тонкой дисперсности порошков наполнителей и о возможности применения смазок, наполненных порошками силикатов, в машинах с фильтрами тонкой очистки масла. Такие порошки наполнителей не будут отфильтровываться и в достаточном количестве попадут в зону трения.

Как отмечалось в работе [3], при трении скольжения, независимо от изменения в относительно широких пределах исходной шероховатости поверхностей трения, к концу периода приработки устанавливается для каждой из поверхностей определенная, свойственная именно данному сочетанию материалов и условиям трения шероховатость, которая сохраняется при дальнейшем постоянном режиме трения. Исходная шероховатость поверхностей независимо от вида трения переходит в эксплуатационную, при которой происходит работа трения. На формирование эксплуатационной шероховатости оказывает влияние сложный комплекс разного рода механических, физико-механических, электрохимических и других процессов, протекающих в зоне контакта. Наличие в смазочном материале наполнителей оказывает непосредственное влияние на поверхности трения деталей (рис. 7) и, как следствие, на триботехнические свойства (коэффициент трения и интенсивность изнашивания).

Снимки поверхностей трения (см. рис. 7) подтверждают предположение о том, что в процессе синтеза искусственного серпентина получился порошок с частицами наноразмеров. Применение в качестве наполнителя такого порошка положительно влияет на триботехнические свойства смазочной композиции, снижая коэффициент трения и интенсивность изнашивания [4]. На снижение интенсивности изнашивания значительное влияние оказывает отсутствие микрорезания в зоне трения.

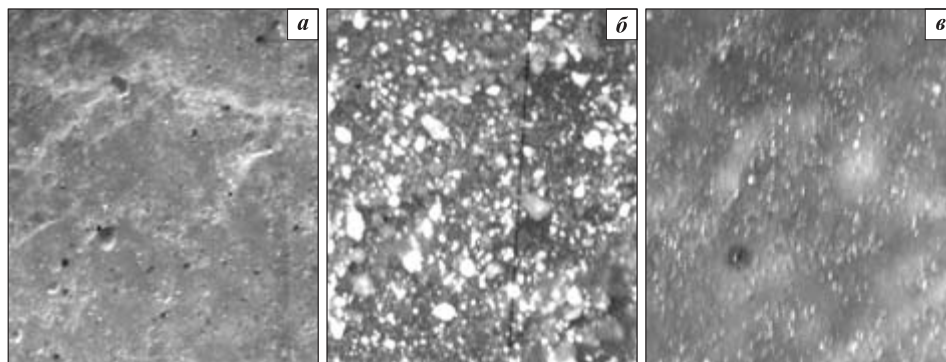


Рис. 6. Фотографии порошков наполнителей (увеличение 150×): *а* — наполнитель № 1; *б* — наполнитель № 2; *в* — наполнитель № 3

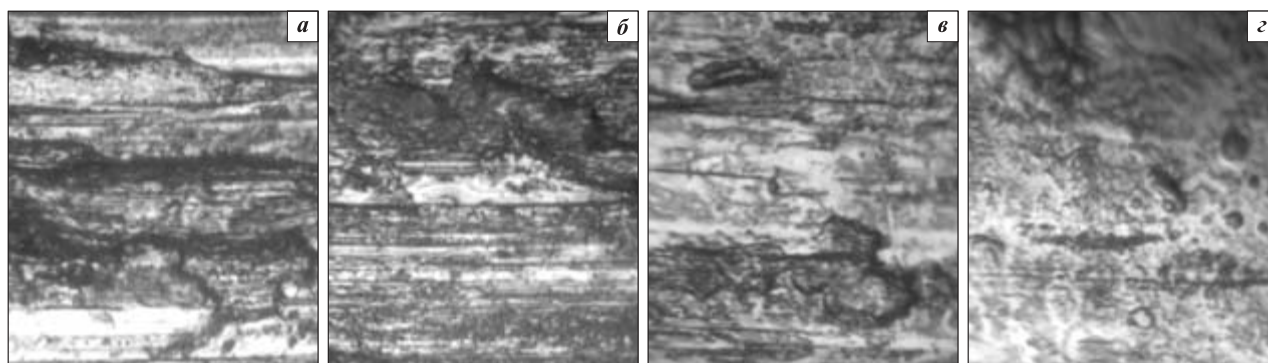


Рис. 7. Поверхности образцов после трения в масле И-20 без наполнителей (а), с наполнителем № 1 (б), № 2 (в) и № 3 (г)

Это подтверждается снимками поверхностей трения (см. рис. 7, в–г), на которых отсутствуют риски и царапины от попадания крупных и твердых частиц.

Заключение

Внедряясь в поверхность трения, наночастицы порошка искусственного серпентина образуют слой с повышенной микротвердостью, которая оказывает непосредственное влияние на снижение интенсивности изнашивания и, как следствие, продление срока службы узла трения.

Применение прогрессивных смазочных материалов в пожарной технике позволит добиться зна-

чительных положительных результатов, а именно продлить ресурс работы узлов автотранспортной техники примерно в 2 раза, резко снизить аварийные разрушения оборудования, сократить затраты на внеплановые ремонты оборудования, сэкономить горючесмазочные материалы [5].

Разработанная присадка может найти широкое применение. Выявленные в ходе экспериментов некоторые качественные показатели значительно превосходят характеристики других аналогичных присадок. Не последним достоинством присадки является простота в применении и относительная дешевизна изготовления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев В. В., Топоров А. В., Пучков П. В. Повышение надежности пожарной техники применением модернизированных смазочных материалов // Пожаровзрывобезопасность. — 2010. — Т. 19, № 2. — С. 50–53.
2. Киселев В. В., Полетаев В. А. Исследование триботехнических характеристик металлосодержащих присадок к маслам, используемых в электрических машинах // Вестник ИГЭУ. — 2011. — Вып. 2. — С. 65–67.
3. Гаркунов Д. Н. Триботехника. — М.: Машиностроение, 1999. — 336 с.
4. Пучков П. В., Киселев В. В., Топоров А. В. Разработка конструкции трибологически безопасного резьбового соединения // Вестник ИГЭУ. — 2012. — Вып. 1. — С. 28–31.
5. Киселев В. В., Топоров А. В., Пучков П. В. Перспективы использования модернизированных смазочных материалов в пожарной и аварийно-спасательной технике // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. — 2011. — № 3. — С. 23–29.

Материал поступил в редакцию 15 марта 2013 г.

English

PERSPECTIVES OF THE SILICATES NANOPOWDERS APPLYING IN OILS USED IN FIREFIGHTING EQUIPMENT

ZARUBIN V. P., Candidate of Technical Sciences, Docent, Assistant Professor of Mechanics and Engineering Graphics Department, Ivanovo State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation)

KISELEV V. V., Candidate of Technical Sciences, Docent, Assistant Professor of Mechanics and Engineering Graphics Department, Ivanovo State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation; e-mail address: slavakis76@mail.ru)

ТОПОРОВ А. В., Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of Mechanics and Engineering Graphics Department, Ivanovo State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation; e-mail address: ironeaxe@mail.ru)

ПУЧКОВ П. В., Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of Mechanics and Engineering Graphics Department, Ivanovo State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation)

МЕЛНИКОВ А. А., Candidate of Technical Sciences, Docent, Assistant Professor of Mechanics and Engineering Graphics Department, Ivanovo State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation)

ABSTRACT

The results of operating tests analysis of firefighting engineering at the mileages close to major repair show the premature wear of friction surfaces as the main cause of failures points.

In recent years, the powder of natural crushed serpentine is widely used as oils and lubricants additive. The main disadvantage here is the problem of the mineral grinding. Typically, the particle size of serpentine powders is within 1–40 microns. It means that some of the additive can be captured by filters. The large particles of the mineral penetrating into the rubbing surfaces gap works as abrasive materials. Therefore, an artificial serpentine powder development is an important task. Artificial serpentine does not have flaws of natural mineral. It has a nano-sized particles and can be used as universal additive for oils and lubricants.

The investigations of serpentine powders prepared by different methods were carried out on DRON-2,0 X-ray general purpose diffractometer. Study of the tribological characteristics of the developed additives was carried out on friction and wear testing machine SMT-1. The laser micro-analyzer “Analizetter 22” were used to control the size of the additives particles and the number of various sizes particles calculations the dispersion.

Investigations have shown that the use of serpentine powders as a lubricants additives leads to the tribological properties increasing. Friction coefficient and wear decreasing are connected with high hardness layer forming on friction surface. But studies show that microhardness should not increase by more than 1.5 times for the tribological properties maximum improvement in the “steel – babbitt” friction pair.

Artificial serpentine nanopowder additive acts positively on the tribological properties of the lubricant composition reducing the friction coefficient and wear. The use of new lubricants additives will allow achieve the positive results, such as extended operating life up to 2 times of the vehicles motor, reducing accidental damages of equipment, reducing repair equipment costs, saving fuel and oil.

Keywords: oil; wearing; firefighting equipment; friction geomodifiers.

REFERENCES

1. Kiselev V. V., Toporov A. V., Puchkov P. V. Povysheniye nadezhnosti pozharной tekhniki primeneniym modernizirovannykh smazochnykh materialov [Increasing of the reliability and functionality of fire equipment by using of the new lubricating compositions]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2010, vol. 19, no. 2, pp. 50–53.
2. Kiselev V. V., Poletaev V. A. Issledovaniye tribotekhnicheskikh kharakteristik metallosoderzhashchikh prisadok k maslam, ispolzuyemykh v elektricheskikh mashinakh [Study of the tribological characteristics of oils metallic additives used in electrical machines]. *Vestnik IGEU — Bulletin of Ivanovo State Power Engineering University*, 2011, issue 2, pp. 65–67.
3. Garkunov D. N. *Tribotekhnika* [Tribotechnology]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 1999. 336 p.
4. Puchkov P. V., Kiselev V. V., Toporov A. V. Razrabotka konstruktssii tribologicheskii bezopasnogo rezbovogo soyedineniya [Development of the tribological safe screw structure]. *Vestnik IGEU — Bulletin of Ivanovo State Power Engineering University*, 2012, issue 1, pp. 28–31.
5. Kiselev V. V., Toporov A. V., Puchkov P. V. Perspektivy ispolzovaniya modernizirovannykh smazochnykh materialov v pozharной i aviaryno-spatatelной tekhnike [Perspective modified lubricants using in the firefighting and rescue equipment]. *Nauchnyye i obrazovatelnyye problemy grazhdanskoй zashchity — Scientific and Educational Problems of Civil Protection*, 2011, no. 3, pp. 23–29.

Н. Н. БРУШЛИНСКИЙ, д-р техн. наук, профессор, начальник Научно-исследовательского центра управления безопасностью сложных систем, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: albrus-ssv@yandex.ru)

В. Л. КАРПОВ, д-р техн. наук, главный научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны (ВНИИПО) МЧС России (Россия, Московская обл., 143903, г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12)

А. Х. КУРБАНОВ, штатный исследователь, Высшая техническая школа пожарной безопасности МВД РУз (Узбекистан, 700017, г. Ташкент, Юнусабадский р-н, ул. Ш. Рашидова, 23; e-mail: Azizbek.Kurbanov@gmail.com)

М. Х. УСМАНОВ, начальник Научно-исследовательского центра по проблемам пожарной безопасности, Высшая техническая школа пожарной безопасности МВД РУз (Узбекистан, 700017, г. Ташкент, Юнусабадский р-н, ул. Ш. Рашидова, 23; e-mail: m-usmanov@mail.ru)

В. Ю. ШИМКО, генеральный директор, ООО "СпецПожТех" (Россия, 115407, г. Москва, ул. Затонная, 4; e-mail: spth@mail.ru)

УДК 614.842.618

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОСЛАБЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ И ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ

Приведено описание новой технологии, позволяющей ослаблять тепловые потоки в десятки раз, на основе которой разработан теплозащитный экран "Согда". Представлены экспериментальные исследования, предшествующие созданию экранов, и теоретическое изучение процессов поглощения, отражения и отвода тепловых потоков теплозащитными экранами. Способ ослабления теплового потока и сами экраны запатентованы в России, Узбекистане, Англии, Франции, Германии, Китае и других странах. Экраны успешно эксплуатируются в России и Узбекистане при тушении сложных пожаров.

Ключевые слова: теплозащитный экран "Согда"; водная пленка; коэффициент ослабления теплового потока; поглощение и рассеяние излучения; инфракрасный и видимый спектры электромагнитных волн.

В решении проблемы обеспечения тепловой защиты на пожарах в XX веке достигнут большой прогресс. В качестве ограждающих конструкций широко применяются противопожарные стены, перегородки из бетона, кирпича, металла, различные виды теплозащитных экранов, водяных и комбинированных завес и т. п. [1–13]. Для тепловой защиты личного состава и боевой техники разработаны и применяются теплозащитные средства, принцип действия которых основан на том, что они отражают и/или поглощают лучистую энергию (водяные завесы, специальные виды боевой одежды, охлаждаемые водой поверхности и др.) [14, 15]. Однако у каждого из этих видов теплозащитных средств, конструкций и материалов есть ряд существенных недостатков: противопожарные стены и перегородки имеют ограниченный предел огнестойкости, сильно утяжеляют конструкции зданий и сооружений; водяные завесы требуют большого расхода воды; средства, предназначенные для тепловой защиты личного состава и техники, либо недостаточно эффективно ослабляют тепловой поток, либо имеют существен-

ные ограничения по времени использования в условиях воздействия тепловых потоков большой интенсивности, либо громоздки, либо сами, нагреваясь, становятся источником теплового излучения.

Несмотря на повышенное внимание исследователей к проблеме поиска для теплозащитных ограждающих конструкций универсального материала широкого спектра назначений, в наибольшей степени лишенного указанных выше недостатков, прорывных решений данной проблемы до последнего времени предложено не было. Очевидно, что работа в этом направлении требует глубокого теоретического и экспериментального изучения физических процессов взаимодействия теплового излучения с различными видами материалов, их возможных композиций и конструктивных исполнений.

Усилиями узбекских и российских ученых и специалистов-практиков, совместная работа которых продолжается уже более 10 лет, разработана инновационная технология ослабления тепловых и газовых потоков, реализованная с помощью принципиально нового типа теплозащитных экранов "Согда".

Способ ослабления теплового потока и сами экраны запатентованы в России, Узбекистане, Англии, Франции, Германии, Китае и ряде других стран [16–22]. Всемирная организация интеллектуальной собственности (г. Женева) в 2004 г. изобретение уникального способа ослабления тепловых потоков оценило Золотой медалью WIPO.

У теплозащитного экрана “Согда” рабочим элементом, взаимодействующим с тепловым потоком, являются две поверхности, расположенные относительно друг друга с зазором. Эти поверхности образованы из металлических сеток с заданными параметрами. Способность экрана ослаблять тепловой поток обеспечивается с помощью распыления воды специальными форсунками, расположенными в межсеточном пространстве. При подаче воды на сетках образуется водяная пленка, а в межсеточном пространстве — водопаракапельно-воздушная среда. Этот многофазный комплекс частично поглощает, частично отражает электромагнитные волны, преимущественно ИК-диапазона, и препятствует прохождению газов. Таким образом, ослабление теплового потока достигается за счет как теплофизических эффектов, так и оптических явлений.

Экспериментальные исследования

Для создания и внедрения в практику новых высокоэффективных экранов, действие которых основано на указанном выше способе ослабления тепловых потоков, актуальным становится разработка испытательного стенда для изучения свойств, оптимизации конструкции, технических характеристик и контроля качества этих экранов. Основными задачами оптимизации конструкции экранов является обеспечение:

- оптимального ослабления воздействующего теплового потока;
- оптимального расхода воды;
- оптимальной прозрачности экрана для видимого излучения;
- технологичности конструкции, ее оптимальной массы;
- надежности и эксплуатационной долговечности.

Для решения данной задачи был разработан испытательный стенд, состоящий из источника теплового потока мощностью до 25 кВт/м^2 , передвижной платформы с модулем защитного экрана, средства подачи воды и измерительного комплекса (рис. 1). Модуль защитного экрана представляет собой две металлические сеточные поверхности размером $1 \times 1 \text{ м}$, закрепленные параллельно друг другу на удерживающем их каркасе. Конструкция стенда позволяет использовать сетки из различных материалов и с разными размерами ячеек, заменять форсунки, изменять межсеточное расстояние и расстояние от ис-

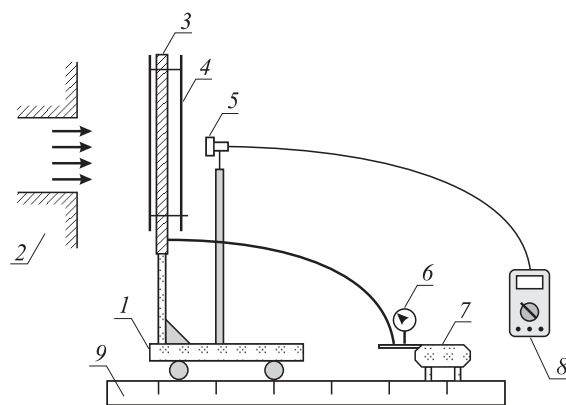


Рис. 1. Общая конфигурация испытательного стенда: 1 — платформа; 2 — кузнечная печь; 3 — каркас; 4 — модуль защитного экрана; 5 — датчик теплового потока; 6 — манометр; 7 — водяной насос; 8 — измерительный прибор; 9 — направляющие рельсы

точника теплового потока до экрана, подавать на форсунки воду с расходом от 0,02 до 0,2 л/с на 1 м^2 экрана при давлении до 1 МПа, обеспечивать измерение теплового потока в диапазоне $0,05\text{--}25 \text{ кВт/м}^2$ с точностью не менее $0,01 \text{ кВт/м}^2$. Для измерения температуры водной пленки на поверхностях сеток в диапазоне от 0 до $100 \text{ }^\circ\text{C}$ с точностью до $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ был использован специально разработанный термошуп.

Исходя из условий распыла, требований к его геометрии и качеству и технологичности изготовления форсунки была разработана форсунка специального вида. Расход воды при использовании такой форсунки определялся только диаметром ее канала d и давлением подаваемой в нее воды. Определение диаметра и статистического распределения капель, которые необходимы для проведения дальнейших теоретических расчетов, производилось на специальном стенде (рис. 2). На горизонтальной плоскости, находившейся ниже оси распыления на 100 см, через каждые 20 см были установлены одинаковой формы стаканы, в которых осаждалась разбрызгиваемая форсункой вода. Определение диаметров капель производилось с помощью микроскопа. В ка-

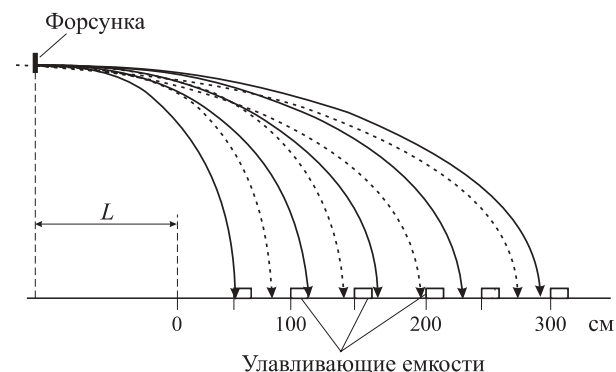


Рис. 2. Иллюстрация к способу определения статистического распределения капель с разными диаметрами в потоке, создаваемом форсункой

честве подложки, используемой для осаждения капель, применялась стеклянная пластина размером 10×15 см с несмачиваемой поверхностью (на нее был нанесен слой технического масла толщиной 2–3 мкм). Пластина, ориентированную горизонтально, в течение 1 с удерживали непосредственно над этими стаканами. При установленных параметрах сеток расход воды Q , поступающей в секунду в межсеточное пространство, и расстояние между сетками h являются параметрами, определяющими свойства экрана, влияющие на степень ослабления теплового потока.

Приведем результаты наиболее характерных экспериментов при использовании форсунок с расходом воды 38, 65 и 80 г/с (при давлении подаваемой воды 0,6 МПа) при максимальном значении плотности падающего на экран теплового потока $P_0 = 25 \text{ кВт/м}^2$. Для каждой форсунки фиксировалось расстояние между сетками h , равное 5, 10, 15 и 20 см. Визуальные наблюдения показали, что при расходе воды 38 г/с соударяющиеся с сильно нагретыми сетками капли частично отражаются, распадаясь на более мелкие, а частично испаряются. При расходах 65 г/с эти процессы сопровождаются появлением на сеточных поверхностях отдельных водопленочных образований. При расходе воды 80 г/с процесс многократного отражения капель, определяемый направлением и величиной вектора импульса каждой капли, при определенных расстояниях между сетками приводит почти к скачкообразному образованию сплошных пленок воды, которая стекает по поверхности сеток.

Результаты измерений коэффициента ослабления теплового потока k в зависимости от расстояния между сеточными поверхностями и расхода воды Q , подаваемой форсунками в межсеточное пространство, приведены на рис. 3. Здесь $k = P_0/P$ (где P_0 и P — значения теплового потока, соответственно падающего на экран и проходящего через него).

Данные измерений зависимости k от расстояния между экраном и жерлом печи при разных расходах воды приведены в табл. 1. Все измерения проводились с использованием экрана, имеющего оптимальное межсеточное расстояние (15 см).

Измерения температур пленок воды на сеточных поверхностях теплозащитного экрана показали, что они на первой фронтальной поверхности экрана, на который падает тепловой поток непосредственно от источника огня, уменьшаются с 85 °С при плотности падающего теплового потока 25 кВт/м² и при удалении модуля экрана от жерла печи на расстояние $R = 75 \text{ см}$ до 17 °С (заметим, что исходное значение температуры подаваемой на охлаждение воды 15 °С) при тепловом воздействии менее 4 кВт/м² и при $R = 225 \text{ см}$. На второй поверхности экрана на-

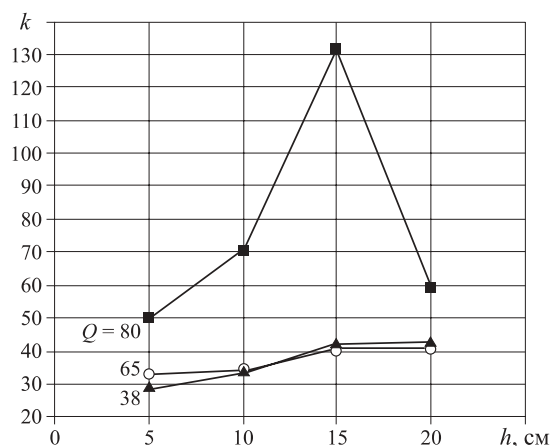


Рис. 3. Зависимость коэффициента ослабления теплового потока k от межсеточного расстояния h и расхода воды Q (указан на кривых)

Таблица 1. Зависимость k от расстояния между экраном и жерлом печи R при разных расходах воды

№ п/п	Расход воды Q , г/с	Значение показателя при расстоянии R , см			
		75	125	175	225
1	38	40	37	35	37
2	80	130	175	285	310

блюдалось снижение температуры пленки воды от 21 °С при $R = 75 \text{ см}$ до 15 °С при $R = 125 \text{ см}$.

Измерения степени ослабления тепловых потоков при их значениях, значительно превышающих 25 кВт/м², проводились в условиях, приближенных к условиям реального пожара, с помощью теплозащитного экрана при оптимальном расходе воды (режим “мокрой сетки”) и оптимальной конструкции экрана. На первом этапе осуществлялся поджиг сложенного из деревянных железнодорожных шпал штабеля размером 2×3×1,6 м с горючей нагрузкой 667 кг/м². Температура пламени достигала 1100 °С. Максимальное значение плотности теплового потока на расстоянии 0,8 м от источника огня составило 65 кВт/м², и только на расстоянии свыше 6 м это значение упало ниже 4,2 кВт/м². Было зарегистрировано, что при максимальной плотности падающего на экран теплового потока 65 кВт/м² наибольшее значение плотности проходящего сквозь него теплового потока не превысило 1 кВт/м² ($k \sim 65$ раз). На втором этапе определение теплозащитной эффективности экранов производилось в условиях горения пролива сжиженного природного газа (СПГ) в непосредственной близости от экрана. Измерения показали, что в этом случае температура пламени достигала 1800 °С. Показания датчиков теплового потока были таковы: плотность падающего на экран теплового потока превышала 220 кВт/м², а прошедшего через экран теплового потока была не более 4,8 кВт/м² ($k \sim 45$ раз).

Теоретические исследования

Теоретическое изучение процессов поглощения, отражения и отвода тепловых потоков данным теплозащитным экраном проведено для качественной физически обоснованной теоретической модели.

Упрощенный вид экрана (рис. 4) — это две металлические сетки I и III (длина и высота которых равна l), расположенных друг от друга на расстоянии h . В межсеточное пространство экрана с помощью форсунки II подается распыляемая вода. Для построения качественной теоретической модели сделаем некоторые допущения: процессы, происходящие на каждом конструктивном элементе системы, разделены по времени; между элементами конструкции происходит постоянный лучистый и конвективный теплообмен. Здесь следует отметить, что энергия горения передается в окружающую среду в основном посредством излучения пламенем пожара электромагнитных волн. При этом, в связи с тем что температуры горения веществ и материалов не превышают 1100–1800 °С, в соответствии с оптической теорией излучения подавляющая часть энергии излучения (теплового потока) пожара приходится на инфракрасную область электромагнитных волн (ИК-спектр), длины волн которых значительно больше длин волн видимого спектра.

Процессы поглощения и рассеяния излучения плотностью P_0 препятствием в виде одной металлической сетки зависят прежде всего от отношения площади металлических участков к общей площади сетки, выражаемого коэффициентом пропускания α_0 . Для упрощения расчетов примем, что $\alpha_0 = 0,5$. Коэффициент пропускания такой сетки без охлаждения ее водой должен был бы равняться также 0,5.

Однако очевидно, что через короткий промежуток времени процессы поглощения ИК-излучения металлическими участками сетки приводят к повышению ее температуры, которую с достаточной точностью для инженерных расчетов можно вычислить по формуле

$$T = \sqrt[4]{\frac{Q_1}{\sigma} \frac{\alpha_m}{\varepsilon_t}}, \quad Q_1 = \alpha_0 P_0, \quad (1)$$

где α_m — коэффициент поглощения (поглощение ИК-излучения металлами определяется коэф-

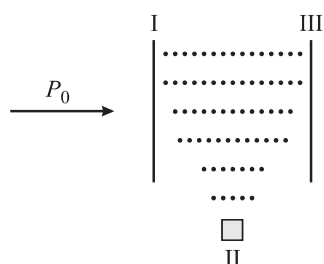


Рис. 4. Схематическое изображение теплозащитного экрана

фициентом серости, который для неполированных и окисленных металлических поверхностей лежит в пределах 0,8–0,95);

σ — постоянная Стефана–Больцмана;

$\sigma = 5,6687 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴);

ε_t — коэффициент теплового излучения, который для неполированных и окисленных поверхностей сталей в интервале температур 500–1100 К составляет от 0,78 до 0,87.

Нагретая поверхность сетки представляет собой источник вторичного теплового излучения с энергетической светимостью:

$$Q_E = \varepsilon_t \sigma (T^4 - T_1^4), \quad (2)$$

где T_1 — температура окружающей среды, находящейся в тепловом равновесии с исследуемой поверхностью.

Таким образом, плотность потока излучения, прошедшего через сетку, можно определить по формуле

$$Q_s = (1 - \alpha) P_0 + Q_E. \quad (3)$$

Однако, как видно из уравнения (2), плотность потока вторичного излучения зависит от температуры как самой сетки, так и окружающей среды, на которые в свою очередь влияют режимы теплообмена на отдельных элементах конструкции.

При наличии второй сетки с $\alpha_0 = 1/2$ обе сетки в начальный момент времени ослабят параметр P_0 в четыре раза, но затем, по мере нагревания самих сеток, сами станут источником вторичного теплового излучения. При достаточно высоких значениях P_0 сетки разрушатся.

В случае подачи воды в межсеточное пространство, в зависимости от плотности потока тепла и расхода воды, в системе реализуются различные режимы теплозащиты. Если скорость подачи воды на поверхность сетки I меньше скорости ее испарения, то реализуется случай, когда на ней не образуется пленка воды. Назовем этот случай режимом “сухой сетки”. В противном случае часть поступившей на сетку воды будет сливаться по ней, образуя сплошную водяную пленку, — режим “мокрой сетки”.

Для случая “сухой сетки”, когда поступающая на ее орошение вода полностью испаряется, ослабление теплового потока ΔQ_1^c за счет нагревания воды от начальной температуры 20 °С до температуры кипения и испарения воды на сетке будет определяться по формуле

$$\Delta Q_1^c = V_1^c / S_{eff} [\lambda + C_p (T_{100} - T_{20})], \quad (4)$$

где V_1^c — скорость поступления воды на сетку, кг/с;

S_{eff} — площадь поверхности сетки, с которой испаряется вода, м²;

λ — удельная теплота парообразования, кДж/кг;

C_p — удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·К).

Для случая “мокрой сетки” правая часть выражения (4) преобразуется следующим образом:

$$\frac{V_1}{S_{s1}} [\lambda + C_P (T_{100} - T_0)] + \frac{V_{1P} m}{l h_{1P}} C_P (T_{1P} - T_0), \quad (5)$$

где V_1 — скорость испарения воды с поверхности сетки, кг/с;

V_{1P} — скорость стекания пленки толщиной h_{1P} (причем $V_1 + V_{1P} = V$), кг/с;

T_{1P} — температура, определяемая одномерным уравнением теплопроводности:

$$\frac{1}{\alpha} \frac{dT}{dt} = \frac{d^2 T}{dx^2}, \quad 0 < x < h, \quad t > 0 \quad (6)$$

с граничными условиями:

$$k \frac{dT}{dx} \Big|_{x=0} = Q_{1E} - \eta_{1P} (T_{100} - T_0) + c_P V_{1P} (T_0 - T);$$

$$k \frac{dT}{dx} \Big|_{x=h} = -\eta_{PB} (T - T_0) + c_P V_{1B} (T_0 - T);$$

$$T|_{t=0} = T_0.$$

Здесь $Q_{1E} = \varepsilon_T \sigma (T_1^4 - T_0^4)$ (где T_1 определяется по формуле (1)); $T_0 = 20$ °С); η_{1P} — константа теплообмена сетки с поверхностью водяной пленки; η_{PB} — константа теплообмена внешней поверхности воды с окружающей средой; V_{1B} — скорость подвода воды на внешнюю поверхность водяной пленки.

Учет наличия второй сетки проводится с помощью формул, аналогичных (5) и (6), как для случая “мокрой сетки”.

Ослабление теплового потока из-за оптических процессов рассеяния ИК-излучения на пленках воды, образующихся на сетках, и на летящих каплях воды в межсеточном пространстве для упрощения расчетов здесь не рассматривается. Для проведения численных расчетов необходимые параметры были взяты из экспериментов. Для численных оценок коэффициента ослабления потока теплового излучения теплозащитным устройством были получены количественные оценки средней скорости подвода воды на сетки, средней скорости движения капель и общего количества капель в объеме межсеточного пространства в каждый момент времени.

Сравнение теплофизических расчетов и экспериментальных данных для двух предельных случаев расхода воды 80 г/с (“мокрая сетка”) и 38 г/с (“сухая сетка”) при максимальной плотности падающего теплового потока приведены в табл. 2.

Очевидно, что наблюдаемая большая степень различий в расчетных значениях коэффициента ослабления (для случая “мокрой сетки” k в 2,6 раза больше, чем для случая “сухой сетки”, при разнице в расходе воды всего лишь в 2 раза) обусловлена наличием при расходе воды 80 г/с водных пленок на сеточных поверхностях.

Таблица 2. Расчетные и экспериментальные значения k для двух сеток при $P_0 = 22$ кВт/м² при разных расходах воды

№ п/п	Расход воды, г/с	Значение коэффициента ослабления		Расхождение, %
		расчетное	экспериментальное	
1	80	88	130	30
2	38	33	40	18

Здесь следует отметить, что экспериментально полученные значения k для обоих случаев различаются более чем в 3 раза. Следует также отметить, что ошибка между расчетными и экспериментально полученными значениями k в случае “мокрой сетки” почти в 2 раза выше, чем аналогичная ошибка для случая “сухой сетки”. Это свидетельствует о том, что предложенная упрощенная теоретическая модель, учитывающая только теплофизические явления, приводящие к ослаблению падающего на экран излучения от пожара, более адекватно описывает случай “сухой сетки”.

Причин наличия этих ошибок несколько. Первой из них является искусственное разделение тепло- и массообмена на отдельных элементах конструкции. Другая причина расхождения теоретических и экспериментальных результатов заключается в том, что в данной модели не рассмотрены в полном объеме оптические эффекты, влияющие на рассеяние излучения каплями воды, создаваемыми форсунками в межсеточном пространстве, для обоих рассматриваемых случаев, и изъятие из теоретического рассмотрения оптических эффектов на водных пленках при расходах воды 80 г/с и более (случай “мокрой сетки”), что и дает наиболее существенный вклад в различие между расчетными и экспериментальными данными для обоих случаев.

Проведенные во Всероссийском научно-исследовательском институте противопожарной обороны (ВНИИПО МЧС России) теоретические и экспериментальные исследования [23] показали, что для случая “мокрой сетки” поверхности пленок воды, стекающих по сеткам, не являются гладкими: на них образуются характерные возмущения в виде поверхностных волн. Авторами было показано, что геометрические параметры этих возмущений на поверхностях пленок воды сравнимы с длинами волн ИК-спектра [23]. Из оптической теории [24] известно, что в таких случаях процессы рассеяния электромагнитных волн, в данном случае ИК-диапазона, на таких возмущениях среды становятся доминирующими. Это позволило авторам прийти к заключению, что в ослаблении экраном теплового потока, подавляющая часть энергии которого принадлежит ИК-излучению, существенная роль отводится процессам рассеяния длинноволнового излучения

ИК-диапазона на поверхностных волнах, образующихся на пленках воды, стекающих по сеточным поверхностям.

Таким образом, комплекс теоретических и экспериментальных исследований позволяет дать трактовку вышеприведенным экспериментальным данным — существенным различиям в зависимости k от величины падающего на экран теплового потока при разных расходах воды (см. табл. 1), а также эффекту спектральной избирательности ослабления электромагнитного излучения пожара теплозащитными экранами “Согда”.

Как показывают полученные экспериментальные данные (см. табл. 1), при использовании форсунки с расходом воды 38 г/с значения k существенным образом не меняются с уменьшением плотности падающего на экран теплового потока (т. е. с увеличением расстояния от жерла печи). Для случая использования форсунки с расходом воды 80 г/с значения k существенно возрастают с увеличением расстояния от источника огня. Для первого случая с “сухой сеткой” можно утверждать, что результаты эксперимента (см. табл. 1) и теплофизических расчетов (см. табл. 2), проведенных без учета оптических явлений, адекватно описывают физику процесса ослабления падающего на экран теплового потока независимо от его величины. Образующаяся же на сеточных поверхностях водная пленка для случая “мокрой сетки” (расход воды 80 г/с) приводит, как было выше указано, к резкому возрастанию роли оптических явлений для ИК-излучения на самих водных пленках, не учтенных в наших теплофизических расчетах. В связи с этим можно утверждать, что имеющие место зависимости геометрических и динамических параметров возмущений на поверхности пленок от вязкости и коэффициента поверхностного натяжения воды, значения которых в значительной степени зависят от температуры водной среды, явно проявляются при экспериментальном изучении в существенном возрастании значения k с увеличением расстояния до печи (см. табл. 1, поз. 1), т. е. с уменьшением температуры водной пленки от 85 °С при плотности теплового потока 25 кВт/м² до 17 °С при тепловом воздействии менее 4 кВт/м².

Спектральная избирательность в степени ослабления коротко- и длинноволнового спектров электромагнитного излучения наиболее распространенных классов пожаров, позволяющая сохранять силуэтную видимость обстановки в зоне горения, является важным достоинством теплозащитных экранов “Согда”, так как дает возможность оперативно оценивать меняющуюся обстановку на месте пожара и быстро принимать необходимые решения.

Физические процессы определяют образование возмущений на поверхности водных пленок (в том числе и поверхностных волн) с такими геометрическими параметрами, которые сравнимы с длинами волн ИК-излучения наиболее распространенных классов пожаров. Именно образование подобных возмущений, как это было указано выше, и является ответственным за сильное возрастание роли процессов рассеяния в ослаблении ИК-излучения, проходящего через теплозащитный экран. Однако, как известно из оптической теории, эти возмущения с геометрическими параметрами, значительно превосходящими длины волн видимого диапазона излучения пожара — коротковолнового оптического диапазона, не могут существенно влиять на процесс ослабления видимого света при прохождении его через экран с водными пленками на сеточных поверхностях из-за оптических процессов. В последнем случае очевидно, что только соотношение между суммарной площадью просвета ячеек сетки и общей площадью сетки, выражаемое коэффициентом α_0 , играет определяющую роль в ослаблении видимой части излучения пожара. Статистическое распределение по размерам образующихся в межсеточном пространстве капель воды при подаче ее под давлением 0,4–0,6 МПа, распыляемых форсунками, показывает, что они также не могут сколь-нибудь заметным образом повлиять на процесс прохождения видимого излучения через экран ввиду того, что подавляющая часть капель воды имеет размеры, более чем на два порядка превышающие длины волн видимого спектра.

Как рассматривалось выше, при $\alpha_0 = 0,5$ половина энергии падающего излучения, в том числе и видимого диапазона, не будет проходить через сеточное препятствие, поскольку поглощается металлом сетки. В случае непрерывного охлаждения водой металл сетки не будет нагреваться и не станет источником вторичного излучения. Таким образом, для видимого света экран с двумя сеточными поверхностями в случае как “сухой”, так и “мокрой” сеток будет представлять собой препятствие, которое ослабляет его всего лишь в 4 раза, что в 10 и более раз меньше коэффициента ослабления ИК-части спектра падающего на экран излучения.

Выводы

1. На основе теоретических исследований, базирующихся на теории теплофизических и оптических процессов, происходящих при взаимодействии электромагнитного излучения ИК-диапазона и видимого спектра с различными видами материалов, разработан теплозащитный экран “Согда” принципиально нового типа, представляющий собой ограждающую конструкцию из двух металлических се-

точных поверхностей, между которыми с помощью форсунок регулируемым образом распыляется вода.

2. С помощью экспериментальных исследований на разработанном и созданном стенде, генерирующем тепловые потоки до 25 кВт/м^2 :

- произведена оптимизация характеристик теплозащитного экрана, что позволило обнаружить скачкообразное увеличение коэффициента ослабления теплового потока k более чем в 100 раз при достижении расхода воды, подаваемой в его систему водоорошения, 80 г/с в расчете на 1 м^2 экрана, сопровождаемое образованием водных пленок на сеточных поверхностях. При этом выявлено, что дальнейшее увеличение расхода воды не приводит к заметному изменению значения k ;
- выявлено существенное различие в зависимости k от величин теплового излучения при разных расходах воды, не приводящих и приводящих к образованию водных пленок на сеточных поверхностях экрана;
- обнаружено также, что видимый спектр излучения пожара ослабляется лишь в несколько раз,

оставляя экран полупрозрачным, что позволяет наблюдать за обстановкой в зоне пожара и быстро принимать оперативные решения.

3. Испытания экранов в условиях, близких к условиям реальных пожаров, показали, что они сохраняют высокую степень ослабления тепловых потоков при значениях плотности тепловых потоков, значительно превышающих те, что были достигнуты на испытательном стенде. При горении твердых горючих материалов (наиболее часто это — деревянные конструкции), когда значения плотности тепловых потоков не превышают 70 кВт/м^2 , экраны способны ослаблять их не менее чем в 65 раз ($k \sim 65$). В условиях горения пролива СПГ с максимальными значениями генерируемых тепловых потоков более 220 кВт/м^2 экраны способны ослаблять тепловой поток не менее чем в 45 раз ($k \sim 45$ раз).

4. На основе результатов теоретических и экспериментальных исследований дано научное обоснование экспериментально обнаруженной спектральной избирательности экраном степени ослабления электромагнитного излучения видимого спектра и ИК-диапазона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ройтман М. Я. Противопожарное нормирование в строительстве. — М. : Стройиздат, 1985. — 590 с.
2. Романенков И. Г., Зигерн-Корн В. Н. Огнестойкость строительных конструкций из эффективных материалов. — М. : Стройиздат, 1984. — 240 с.
3. Петров С. В., Шорин А. Ф. Теплозащита в металлургии : справочник. — М. : Металлургия, 1981. — 120 с.
4. Пат. 2620344 С2 Франция. МКИ А62С 2/02. Mobile Fire-fighting structures / Jacques R. — № 19870012740; заявл. 14.09.1987 г.; опублик. 17.03.1989 г.
5. Пат. 2276543 С2 Великобритания. МКИ А62С 2/068/08. Radiant Heat Shield / William S. — № 19940006004; заявл. 25.03.1994 г.; опублик. 05.10.1994 г.
6. Пат. 2749517 С2 Франция. МКИ А62С 2/10. Thermally insulated fire screens / Tonkia R. — № 19960007181; заявл. 05.06.1996 г.; опублик. 12.12.1997 г.
7. Пат. 5390729 F2 США. МКИ F28D 5/02. Refractory element / Akira S., Masahiro S., Toshikazu Y., Masao O., Toshihiro S. — № 08/111.910; заявл. 26.08.1993 г.; опублик. 21.02.1995 г.
8. Пат. 6357507 E06 США. МКИ E06B 7/16. Curtain arrangement for preventing spread of smoke / Stoebich J., Siller S., Luther J., Schellenberger W., Wegner T., Linde H., Konrad R., Ciop M. — № 09/235,991; заявл. 22.01.1999 г.; опублик. 19.03.2002 г.
9. Пат. 5862851 E06 США. МКИ E06B 9/08. Curtain arrangement for preventing spread of smoke / Stoebich J., Siller S., Luther J., Schellenberger W., Wegner T., Linde H., Konrad R., Ciop M. — № 6209424; заявл. 22.03.1996 г.; опублик. 26.01.1999 г.
10. Пат. 4077474 E06 США. МКИ E06B 5/16. Fire and Smoke shut off system / Tadashi H. — № 656,693; заявл. 09.02.1976 г.; опублик. 07.05.1978 г.
11. Пат. 2266051 A62 Великобритания. МКИ А62С 2/00. Metal net and metal tangle anti-fire applications / Nevin L. — № 19920004022; заявл. 25.02.1992 г.; опублик. 20.10.1993 г.
12. Пат. 2284202 A62 Российская Федерация. МПК А62С 2/10. Способ ослабления воздействия потока энергии в виде света, тепла и конвективных газовых потоков на защищаемые объекты / Страхов В. Л., Крутов А. М., Мельников А. С. — № 2004138844/12; заявл. 30.12.2004 г.; опублик. 27.09.2006 г.
13. Пат. 2284205 С2 Российская Федерация. МПК А62С 2/10. Огнезащитный экран-чехол / Страхов В. Л., Крутов А. М., Мельников А. С. — № 2004138844/12; заявл. 30.12.2004 г.; опублик. 27.09.2006 г.

14. Исхаков Х. И. К оценке устойчивости пожарных автомобилей к воздействию тепловых потоков пожара // Известия вузов. Машиностроение. — 1985. — № 4. — С. 87–90.
15. Исхаков Х. И., Пахомов А. В., Каминский Я. Н. Пожарная безопасность автомобиля. — М. : Транспорт, 1987. — 86 с.
16. Пат. IAP 02163 Республика Узбекистан. МПК А62С 2/08. Иссиклик окимини сусайтириш усули ва ут учирини дастаги операторини химоя қилиш учун қурилма / Усманов М. Х. — № 20010949; заявл. 12.05.2001 г.; опубл. 05.06.2002 г.
17. Пат. 2182024 Российская Федерация. МПК А62С 2/08. Способ ослабления потоков энергии в виде света, тепла и конвективных газовых потоков и устройства к лафетному стволу для создания защитного экрана от потока энергии в виде света, тепла и конвективных газовых потоков / Усманов М. Х. — № 2000105809; заявл. 13.03.2000 г.; опубл. 10.05.2002 г.
18. Европейский патент 1181955. МПК А62С 2/08. Method for attenuating a heat flow and device for realising the same / Usmanov M. Kh. — № 00918546.3; заявл. 25.04.2000 г.; опубл. 29.09.2004 г.
19. Евразийский патент 003013. МПК А62С 2/08. Способ ослабления теплового потока и устройства защиты пожарного ствола / Усманов М. Х., Брушлинский Н. Н. — № 200101175; заявл. 25.04.2000 г.; опубл. 26.12.2002 г.
20. Пат. 654662 Украина. МПК А62С 2/08. Спосіб послаблення теплового потоку та пристрій для захиту оператора пожежного / Усманов М. Х., Брушлинский Н. Н. — № 2001128328; заявл. 25.04.2000 г.; опубл. 15.04.2004 г.
21. Пат. ZL00807207.8 Китай. МПК А62С 2/08. The method of weakening heat flow and thermal protective fence for firefighter personal / Усманов М. Х., Брушлинский Н. Н. — № 03.140.633.5; заявл. 25.04.2000 г.; опубл. 31.03.2004 г.
22. Пат. НК 1044300 Гонконг. МПК А62С 2/08. Method for attenuating a heat flow and device for realizing the same / Усманов М. Х., Брушлинский Н. Н. — № 02104508.5; заявл. 25.04.2000 г.; опубл. 15.04.2005 г.
23. Пат. 2156628 Российская Федерация. МПК А62С 2/08. Способ создания противопожарной завесы / Брушлинский Н. Н., Усманов М. Х., Копылов Н. П., Серебренников Е. А. — № 99114862/12; заявл. 07.07.1999 г.; опубл. 27.09.2000 г.
24. Борн М., Вольф Э. Оптика. — М. : Наука, 1973. — 719 с.

Материал поступил в редакцию 24 января 2013 г.

English

INNOVATIVE TECHNOLOGY, ATTENUATION OF HEAT AND GAS FLOWS

BRUSHLINSKIY N. N., Doctor of Technical Sciences, Professor,
Chief of Science and Research Center of Control Safety Complex Systems
of State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4,
Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: albrus-ssv@yandex.ru)

KARPOV V. L., Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher,
All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia
(VNIPO, 12, Moscow Region, Balashikha, 143903, Russian Federation)

KURBANOV A. Kh., Freelance Researcher, Higher Technical School
of Fire Safety of Ministry of Internal Affairs of Uzbekistan Republic
(Sh. Rashidova St., 23, Yunusabadskiy Region, Tashkent, 700017, Uzbekistan;
e-mail address: Azizbek.Kurbanov@gmail.com)

USMANOV M. Kh., Head of Fire Research Centre, Higher Technical
School of Fire Safety of Ministry of Internal Affairs of Uzbekistan Republic
(Sh. Rashidova St., 23, Yunusabadskiy Region, Tashkent, 700017, Uzbekistan;
e-mail address: m-usmanov@mail.ru)

SHIMKO V. Yu., General Director, OOO SpecPozhTekh (SpecPozhTekh Ltd.)
(Zatonnaya St., 4, Moscow, 115407, Russian Federation; e-mail address: sph@mail.ru)

ABSTRACT

The proposed article introduces a new innovative technology, developed by the Uzbek and Russian experts, allowing weakening the heat flow in ten times. The design of a heat shield “Sogda” consists

of two parallel metallic grids stretched over metallic frames. A special water spray nozzles located between two parallel fixed grids provides the power to weaken the thermal heat flux. Activated water discharge in the system creates water film on the surface of grids and water vapour droplet-air environment in the space between two parallel grids. This complex is partially absorbs heat flow, reflecting electromagnetic waves, mainly in infrared range, preventing the passage of gases. The attenuation of the thermal heat flux in ten times is achieved through the thermophysical effects as well as optical phenomena.

The article also describes experimental studies the performance of screen, and theoretical studies of the process of absorption, reflection, and weakening heat flows by heat shield.

The method to reduce heat flow and the thermal protective screen “Sogda” is patented in Russia, Uzbekistan, England, France, Germany, China, USA, and other countries. The screens have been successfully brought in to operation in Russia and Uzbekistan in extinguishing the complex fires.

Keywords: heat-shielding screens “Sogda”; water film; attenuation coefficient of heat flow; absorption and scattering of radiation; infrared and visible spectrum of electromagnetic waves.

REFERENCES

1. Roytman M. Ya. *Protivopozharnoye normirovaniye v stroitelstve* [Fire protection norm in the construction]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1985. 590 p.
2. Romanenkov I. G., Zigern-Korn V. N. *Ognestoykost stroitelnykh konstruktsiy iz effektivnykh materialov* [Fire resistance of building construction using effective materials]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1984. 240 p.
3. Petrov S. V., Shorin A. F. *Teplozashchita v metallurgii: spravochnik* [Thermal protection in the metallurgy. Handbook]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1981. 120 p.
4. Jacques R. *Mobile fire-fighting structures*. Patent FR, no. 2620344, 1989.
5. William S. *Radiant Heat Shield*. Patent GB, no. 2276543, 1994.
6. Tonkia R. *Thermally insulated fire screens*. Patent FR, no. 2749517, 1997.
7. Akira S., Masahiro S., Toshikazu Y., Masao O., Toshihiro S. *Refractory elements*. Patent US, no. 5390729, 1995.
8. Stoebich J., Siller S., Luther J., Schellenberger W., Wegner T., Linde H., Konrad R., Ciop M. *Curtain arrangement for preventing spread of smoke*. Patent US, no. 6357507, 2002.
9. Stoebich J., Siller S., Luther J., Schellenberger W., Wegner T., Linde H., Konrad R., Ciop M. *Curtain arrangement for preventing spread of smoke*. Patent US, no. 5862851, 1999.
10. Tadashi H. *Fire and Smoke shut off system*. Patent US, no. 4077474, 1978.
11. Nevin L. *Metal net and metal tangle anti-fire applications*. Patent GB, no. 2266051, 1993.
12. Strakhov V. L., Krutov A. M., Melnikov A. S. *Sposob oslableniya vozdeystviya potoka energii v vide sveta, tepla i konvektivnykh gazovykh potokov na zashchishchayemye obyekty* [The method of attenuation the impact of energy flow in the form of light, heat and convective gas flows to protect facilities]. Patent RU, no. 2284202, 2006.
13. Strakhov V. L., Krutov A. M., Melnikov A. S. *Ognezashchitnyy ekran-chekhol* [Fire-protective covering screen]. Patent RU, no. 2284205, 2006.
14. Iskhakov Kh. I. K otsenke ustoychivosti pozharnykh avtomobiley k vozdeystviyu teplovykh potokov pozhara [Assessing the sustainability fire engines to heat flux generated from fire]. *Izvestiya vuzov. Mashinostroyeniye — Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building*, 1985, no. 4, pp. 87–90.
15. Iskhakov Kh. I., Pakhomov A. V., Kaminskiy Ya. N. *Pozharnaya bezopasnost avtomobilya* [Fire safety of Fire engines]. Moscow, Transport Publ., 1987. 86 p.
16. Usmanov M. Kh. *The method of weakening heat flow and thermal protective equipments for firefighters*. Patent UZ, no. IAP 02163, 2001 (in Uzbek).
17. Usmanov M. Kh. *Sposob oslableniya potoka energii v vide sveta tepla i konvektivnykh gasovykh potokov i ustroystva k lafetnomu stvolu dlya zashchitnogo ekrana ot potoka energii v vide sveta, tepla i konvektivnykh gasovykh potokov* [The method of attenuation of the thermal heat flux and convective gaseous flows, and it is thermal protective fence against the conversive gaseous flows]. Patent RU, no. 2182024, 2000.

18. Usmanov M. Kh. *Method for attenuating a heat flow and device for realising the same*. Patent EP, no. 1181955, 2004.
19. Usmanov M. Kh., Brushlinskiy N. N. *Sposob oslableniya teplovogo potoka i ustroystva zashchity pozharnogo stvola* [The method of weakening heat flow and thermal protective fence for firefighter personal]. Patent EA, no. 003013, 2004.
20. Usmanov M. Kh., Brushlinskiy N. N. *The method of weakening heat flow and thermal protective fence for firefighter personal*. Patent UA, no. 654662, 2004 (in Ukrainian).
21. Usmanov M. Kh., Brushlinskiy N. N. *The method of weakening heat flow and thermal protective fence for firefighter personal*. Patent CN, no. ZL00807207.8, 2000.
22. Usmanov M. Kh., Brushlinskiy N. N. *Method for attenuating a heat flow and device for realizing the same*. Patent HK, no. NK1044300, 2000.
23. Brushlinskiy N. N., Usmanov M. Kh., Kopylov N. P., Serebrennikov Ye. A. *Sposob sozdaniya protivopozharnoy zavesy* [Method of forming fire curtains]. Patent RU, no. 2156628, 2000.
24. Born M., Volf E. *Optika* [Optics]. Moscow, Nauka Publ., 1973. 719 p.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу

ОГНЕТУШИТЕЛИ. УСТРОЙСТВО. ВЫБОР. ПРИМЕНЕНИЕ Д. А. Корольченко, В. Ю. Громовой



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

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

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

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

О. В. ДМИТРИЕВ, адъюнкт Академии Государственной противопожарной службы МЧС России, научный сотрудник экспертно-консалтингового отдела Ивановского института Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33; e-mail: olegdmitriev22@gmail.com)

О. С. МИСНИКОВ, д-р техн. наук, заведующий кафедрой "Геотехнология и торфяное производство", Тверской государственный технический университет (Россия, 170023, г. Тверь, ул. Академическая, 12)

В. И. ПОПОВ, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры пожарной профилактики в составе УНК "Государственный надзор", Ивановский институт Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33)

УДК 614.842

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОГNETУШАЩИХ ПОРОШКОВЫХ СОСТАВОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГИДРОФОБНЫМИ ДОБАВКАМИ НА ОСНОВЕ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ

Приведены результаты исследований по определению возможности использования гидрофобно-модифицирующих добавок серии ГМД в качестве гидрофобного агента в огнетушащих порошках. В работе решался комплекс взаимосвязанных задач: первая — оптимизация концентрации гидрофобно-модифицирующих добавок в порошке; вторая — сравнительный анализ водоотталкивающих свойств контрольного и модифицированных порошков; третья — определение их минимального расхода на тушение модельного очага пожара. Исследованиями установлено, что введение добавок серии ГМД в качестве гидрофобизирующих компонентов позволяет придать гидрофобные свойства компонентам огнетушащего порошка, уменьшить их склонность к влагопоглощению, а также повысить огнетушащий эффект.

Ключевые слова: огнетушащий порошок; гидрофобно-модифицирующая добавка; водоотталкивание; тушение модельного очага.

В настоящее время огнетушащие порошки являются наиболее эффективными огнетушащими средствами, применяемыми для ликвидации пожаров, вызванных возгоранием различных горючих веществ. Они нашли применение в мобильных средствах, а также в модульных и автоматических установках пожаротушения. Такое распространение огнетушащие порошки получили из-за универсальности их использования и большого набора достоинств, отличающих их от других известных средств пожаротушения [1]. Однако, несмотря на значительные преимущества, огнетушащие порошки имеют ряд недостатков, одним из которых является склонность к слеживанию.

Известно [1], что при тушении пожара большую роль играет степень диспергирования (помола) порошка, определяемая размером его частиц. Чем больше дисперсность порошка (меньше размер частиц), тем выше его огнетушащая способность, что вызвано большей скоростью прогрева частиц, а также высокой интенсивностью теплообменных процессов на границе *пламя – частица*. Но в таком случае некоторые эксплуатационные свойства высокодиспергированного порошка ухудшаются: увеличивается его способность к влагопоглощению и, как следст-

вие, к слеживанию, а также к комкообразованию. Набор этих факторов значительно сокращает срок его эксплуатационного хранения, для повышения которого используют специальные антислеживающие добавки [2], такие как аэросил, белая сажа, стеараты металлов, нефелин, тальк и др. [3]. Средняя стоимость аэросила составляет 350 руб. за 1 кг [4], а белой сажи — 65 руб. за 1 кг [5].

Введение в состав порошка гидрофобизирующих добавок позволяет сохранять длительное время его качественные характеристики, но в то же время усложняет технологию их получения, что, в конечном счете, приводит к увеличению затрат на производство.

Таким образом, актуальность исследований обусловлена разработкой новых видов гидрофобизирующих добавок, которые при высоких качественных характеристиках будут иметь относительно низкую стоимость. В связи с этим предлагается использовать для получения гидрофобно-модифицирующих добавок (ГМД) торфяное сырье, 37 % мировых запасов которого находится на территории Российской Федерации.

Целью исследований является возможность использования гидрофобно-модифицирующих доба-

вок на основе органического вещества торфа в качестве водоотталкивающего агента в огнетушащих порошках. В связи с поставленной целью в работе решался комплекс взаимосвязанных задач: во-первых, оптимизация концентрации ГМД в порошке; во-вторых, сравнительный анализ водоотталкивающих свойств контрольного и модифицированных порошков; в-третьих, определение их минимального расхода на тушение модельного очага пожара.

Теоретические основы получения продуктов термохимической переработки торфа и их применения в качестве водоотталкивающих агентов в различных видах минеральных дисперсных материалов были заложены проф. В. Е. Раковским и его научной школой в 40–60-х годах XX века [6, 7]. В дальнейшем их идеи получили развитие в работах сотрудников Тверского государственного технического университета [8, 9]. Они использовались при разработке способа гидрофобной модификации минеральных вяжущих гидравлического твердения и строительных материалов на их основе.

Известно, что в состав органического вещества торфа входят: битумы; вещества, извлекаемые холодной и горячей водой, а также соединения, растворяющиеся в воде после гидролиза в присутствии минеральных кислот (водорастворимые и легкогидролизуемые вещества торфа, целлюлоза); негидролизуемый остаток (лигнин) и гуминовые вещества, извлекаемые из торфа раствором щелочи [6, 7, 10]. Из всех приведенных выше групп химических соединений, входящих в состав органического вещества торфа, изначально гидрофобными являются только битумы. К ним относятся вещества, растворимые в органических растворителях, которые состоят в основном из жиров, восков, парафинов и смол. Содержание в торфяном сырье экстрагированных соединений и их элементный химический состав колеблется в пределах 1,4...15,9 % от органической массы в зависимости от типа и вида торфа, его степени разложения и степени минерализации. Однако в среднем их содержание невелико и составляет около 2–4 % [10].

В то же время при нагреве торфа до высоких температур (при отсутствии или недостатке кислорода) начинает проявляться характерное для всех биотоплив свойство — термическая неустойчивость. Его органическая масса претерпевает сложные превращения, комплекс которых принято называть термической деструкцией (пиролизом), в результате чего образуются твердые, жидкие и газообразные продукты. Процесс пиролиза торфа представляет собой совокупность ряда последовательных и параллельных реакций, протекающих вследствие сложности строения элементарных структурных единиц органических веществ в несколько стадий.

Эти стадии характеризуются определенным рядом однотипных групп реакций со специфическими кинетическими закономерностями [6]. Таким образом, каждая составная часть торфа имеет свои особенности при термическом разложении, определяемые их природой, и накладывает в зависимости от содержания в торфе определенный отпечаток на ход его термического разложения. Однако основное внимание необходимо обратить на то, что при термическом распаде органической составляющей торфа появляется значительное количество дополнительных гидрофобных соединений, наличие которых не фиксировалось в первоначальном сырье. Это, в первую очередь, соединения, называемые в научно-технической литературе “пиролизными маслами”, а также твердый остаток, который при удалении пирогенетической воды переходит из гидрофильного в гидрофобное состояние [7, 9].

Таким образом, основной научный подход, применяемый при получении гидрофобно-модифицирующих добавок из торфа, — это использование природных битумов, а также термохимическое воздействие на органическое вещество торфа с целью дополнительного их получения и равномерного распределения на органическом носителе, которым являются твердые частицы торфа. Такая система обладает чрезвычайно высокой степенью гидрофобности и при внесении в любой другой дисперсный материал будет существенно замедлять процесс поглощения им капельно-жидкой и парообразной влаги. Внесение ее можно осуществлять простым механическим перемешиванием, но наиболее эффективным является внесение ГМД в шаровую мельницу в процессе получения порошкообразных материалов, в том числе огнетушащих порошков.

Кроме непосредственного влияния твердых компонентов на минеральные зерна, в ходе совместного измельчения гидрофобной добавки и компонентов порошка протекает дополнительный процесс механохимического нанесения битумных пленок на его поверхность, что улучшает его водоотталкивающие свойства. Таким образом, при оптимизации параметров процесса помола возможно создание дискретных пленочных образований на модифицируемых минеральных частицах, которые позволят достаточно эффективно изолировать последние от воздействия капельно-жидкой и парообразной влаги.

Эту гипотезу подтверждают исследования методом просвечивающей электронной микроскопии на микроскопе JEOL JEM-100CX II минеральных частиц цементного клинкера, на которые наносились порошкообразные модификаторы серии ГМД при совместном помоле [11]. При этом размер частиц клинкера находился приблизительно в том же диа-

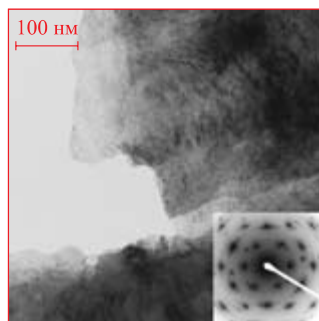


Рис. 1. Электронно-микроскопическое изображение минеральной частицы цементного клинкера

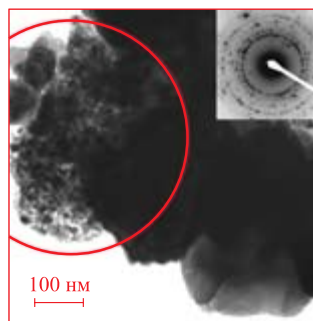


Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение частицы цемента, обработанного органической модифицирующей добавкой

пазоне, что и размер частиц исследуемых огнетушащих порошков.

При детальном анализе контрольного образца установлено, что размер частиц вяжущего основной фракции варьирует в диапазоне от одного до нескольких микрон. Привлекая данные электронной дифракции, можно заметить, что во всех образцах присутствует также мелкая фракция частиц размером несколько десятков нанометров (рис. 1 и 2).

При этом в модифицированных образцах (см. рис. 2) дополнительно присутствуют островки с отличной от основного материала морфологией, имеющие размеры от 50 до 300 нм. Эти островки представляют собой скопления частиц мелкой фракции добавки ГМД. Таким образом, при внесении добавки в процессе получения широкого спектра минеральных порошкообразных материалов (помоле) первичная стадия модифицирования образцов происходит посредством связывания таких островков с микронными частицами основной фракции. Вполне вероятно, что такой механизм позволяет изолировать дисперсный материал от воздействия капельно-жидкой влаги, однако эта гипотеза не объясняет полностью защиту его от парообразной влаги, так как размер незащищенной поверхности частиц на два порядка больше размера молекул воды [12].

Тем не менее такие эффекты были обнаружены [11]. При этом наиболее вероятным механизмом защиты частиц (применительно к гидрофобно-модифицированному цементу) является процесс образования дискретных пленочных покрытий размером, сопоставимым с размером молекул воды, при обработке поверхности компонентами добавки. При таком механизме парообразная влага попадает на поверхность слоя цемента и частично проникает к его

зернам. Затем на поверхности слоя происходит ее конденсация и образование пленки капельно-жидкой влаги толщиной около 1–2 мм (рис. 3).

Тонкий слой сконденсированной жидкой влаги не проникает в глубь слоя цемента за счет поверхностного гидрофобного эффекта и является своеобразным защитным экраном от парообразной влаги, находящейся в атмосфере. По-видимому, подобный механизм можно применять в качестве рабочей гипотезы и в случае обработки огнетушащих порошков.

Таким образом, гидрофобно-модифицирующие добавки серии ГМД (рис. 4), использованные в качестве добавки к огнетушащему порошку, представляют собой продукт процесса низкотемпературной термохимической деструкции органического вещества измельченного торфа (размер частиц менее 50 мкм), основанного на разложении органических соединений и сорбции выделяемых жидких продуктов (битумных компонентов) на поверхности высокодисперсных торфяных частиц.

Групповой химический состав добавки ГМД-0 следующий: битумы — до 5 %; термобитумы — до 10 %; термодеструктурированные гуминовые вещества — до 20 %; лигнин — до 20 %; органоминеральные комплексы — до 45 %. В добавке ГМД-3 концентрация гидрофобных компонентов увеличена примерно на 3 %, а в добавке ГМД-5 — на 5 %.

Внешне гидрофобно-модифицирующая добавка представляет собой высокодиспергированный порошок темного цвета, на поверхность частиц которого нанесены битумные пленки толщиной от 2,3 до 10 нм [8, 9].

При проведении исследований добавку ГМД вносили в определенных концентрациях в полуфабрикат огнетушащего порошка (состав без традиционно

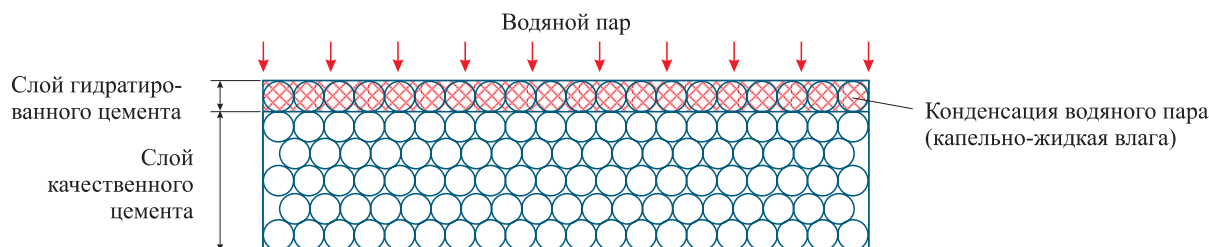


Рис. 3. Схема механизма защиты слоя гидрофобно-модифицированного цемента от водяного пара



Рис. 4. Вид гидрофобно-модифицирующей добавки для минеральных дисперсных материалов



Рис. 5. Тест на водоотталкивание огнетушащего порошка, обработанного методом совместного помола с ГМД-3 в концентрации 2 %: слева — наличие капель воды на поверхности порошка в конце эксперимента (через 120 мин); справа — скатывание капель при наклоне чашки Петри

применяемой гидрофобизирующей добавки — аэросила). В качестве метода внесения использовали механическое перемешивание гидрофобных модификаторов в полуфабрикате огнетушащего порошка.

При выполнении работ проводились следующие исследования:

- определение способности огнетушащего порошка с гидрофобно-модифицирующими добавками серии ГМД к водоотталкиванию;
- оценка влияния гидрофобно-модифицирующей добавки серии ГМД в концентрациях 1...5 % на огнетушащий эффект порошка по тушению модельного очага пожара с легковоспламеняющейся жидкостью по методике и на лабораторной установке, которые разработаны в ФГБОУ ВПО Ивановский институт ГПС МЧС России. Принятый модельный очаг пожара (площадь 0,005 м², бензин марки АИ-92 — 5 мл) использовали во всех экспериментах.

Оценка водоотталкивающих свойств, проведенная по методике [13], показывает, что при использовании гидрофобно-модифицирующих добавок серии ГМД в концентрациях от 1 до 5 % полного впитывания капель воды в слой порошка не происходит

в течение 120 мин. В то же время частичное скатывание капель с его поверхности отмечено только в единичных случаях при использовании концентрированной добавки ГМД-5. Однако необходимо подчеркнуть, что и промышленно выпускаемый огнетушащий порошок с добавкой аэросила тест на водоотталкивание не прошел.

Для оперативного решения этой проблемы была проведена серия экспериментов по внесению добавок в концентрации 2 % в полуфабрикат огнетушащего порошка методом совместного помола в шаровой мельнице. Экспериментально установлено, что все обработанные таким образом образцы тест на водоотталкивание прошли полностью: через 120 мин все капли скатились с поверхности материала (рис. 5).

Усиление огнетушащего эффекта при тушении модельного очага пожара легковоспламеняющейся жидкости также возникает при 2 %-ной концентрации гидрофобно-модифицирующей добавки в огнетушащем порошке. При использовании добавки ГМД-0 расход порошка сокращается на 10 %, ГМД-3 — на 20 %.

В этом случае, так же как и при улучшении водоотталкивающих свойств, прогнозируется усиление положительного эффекта воздействия гидрофобно-модифицирующих добавок на огнетушащие порошки при их внесении методом совместного помола в шаровой мельнице. Это объясняется тем, что в результате физико-химического взаимодействия гидрофобно-модифицирующей добавки с компонентами порошка на поверхности частиц образуется водоотталкивающий слой (по аналогии с цементом, см. рис. 2), обеспечивающий достаточно эффективную защиту модифицированных частиц огнетушащего порошка.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что введение добавок серии ГМД в качестве гидрофобизирующих компонентов позволяет придать гидрофобные свойства компонентам огнетушащего порошка, уменьшить его склонность к влагопоглощению, а также увеличить огнетушащий эффект. Более того, практика использования такого типа добавок при помоле различных видов минеральных материалов показывает, что они являются хорошими интенсификаторами помола и позволяют увеличивать условную удельную площадь поверхности частиц (при прочих равных условиях) как минимум на 5...10 %.

В связи с этим особую перспективность имеет продолжение научно-исследовательских работ по расширению спектра исследуемых огнетушащих составов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баратов А. Н., Вогман Л. П. Огнетушащие порошковые составы. — М. : Стройиздат, 1982. — С. 3–4.
2. Абдурагимов И. М. О механизмах огнетушащего действия средств пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 4. — С. 60–82.
3. Материалы сайта компании “Ай.Би.ТЕК”. URL : <http://ibtec.com.ua/publikatsii/98-poroshki-ognetushaschie-osobennosti-primeneniya.html> (дата обращения: 08.12.2012 г.).
4. Материалы сайта “Пульс цен”. URL : <http://www.pulscen.ru/price/040312-ayerosil> (дата обращения: 08.12.2012 г.).
5. Материалы сайта “ПроПартнер.ру”. URL : <http://www.propartner.ru> (дата обращения: 08.12.2012 г.).
6. Раковский В. Е. Общая химическая технология торфа. — М.–Л., 1949. — 363 с.
7. Раковский В. Е., Каганович Ф. Л., Новичкова Е. А. Химия пирогенных процессов. — Минск : АН БССР, 1959. — 208 с.
8. Мисников О. С., Пухова О. В., Белугин Д. Ю., Ащеульников П. Ф. Гидрофобизация сухих строительных смесей добавками из органических биогенных материалов // Строительные материалы. — 2004. — № 10. — С. 2–4.
9. Мисников О. С. Физико-химические основы гидрофобизации минеральных вяжущих материалов добавками из торфяного сырья // Теоретические основы химической технологии. — 2006. — Т. 40, № 4. — С. 455–464.
10. Лиштван И. И., Терентьев А. А., Базин Е. Т., Головач А. А. Физико-химические основы технологии торфяного производства. — Минск : Наука и техника, 1983. — 232 с.
11. Мисников О. С., Черткова Е. Ю. Применение современных высокотехнологических методов исследования при изучении свойств модифицированных цементов // Вестник ТвГУ. Сер. Химия. — 2011. — № 29. — Вып. 12. — 276 с.
12. Дерягин Б. В., Чураев Н. В., Овчаренко Б. В. Вода в дисперсных системах. — М. : Химия, 1989. — 288 с.
13. ГОСТ Р 53280.4–2009. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 4. Огнетушащие порошки общего назначения. Общие технические требования и методы испытаний. — Введ. 01.05.2009 г. — М. : Стандартинформ, 2009. — 14 с.

Материал поступил в редакцию 12 декабря 2012 г.

English

INVESTIGATION OF DRY CHEMICALS MODIFIED BY HYDROPHOBIC ADDITIVES BASED ON PEAT RAW

DMITRIEV O. V., Postgraduate Student of State Fire Academy of Emercom of Russia, Researcher of Expert and Consulting Department of Ivanovo State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation; e-mail address: olegdmtriev22@gmail.com)

MISNIKOV O. S., Doctor of Technical Sciences, Head of Department “Geotechnology and Peat Production”, Tver State Technical University (Akademicheskaya St., 12, Tver, 170023, Russian Federation)

POPOV V. I., Candidate of Technical Sciences, Docent, Professor of Fire Prevention Department, Ivanovo State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation)

ABSTRACT

It is known, the degree of dispersion (grinding) powder determined by the size of its particles plays an important role in fire fighting. The greater dispersion of powder (the smaller particle size) is, the higher its fire extinguishing capability will be. But in this case, some performance characteristics of highly dispersed powder impair: it increases the capacity for water absorption and, as a consequence, to caking and lump formation.

Importance of the study is due to the development of new types of waterproofing additives, which have a relatively low cost with high quality characteristics. It is proposed to use peat as raw material for the hydrophobic modifying agents. The large part (37 percent) of the world reserves of this raw material is located in the territory of the Russian Federation.

The purpose of research is the use of hydrophobic-modifying agents (HMA) on the basis of organic matter of peat as a water-repellent agent in fire extinguishing powders. In connection with the intended purpose the paper solves the complex of interconnected problems: first, the optimization of the concentration of the HMA in the powder, and secondly, a comparative analysis of the control and water-repellent properties of modified powders, and thirdly, the definition of a minimum flow in the standardized fire source.

Hydrophobic-builders, used as an additive to fire extinguishing powder, are the product of a process of low-temperature thermochemical decomposition of organic matter of peat ground (particle size less than 50 microns), based on the decomposition of organic compounds and sorption of liquid products (bitumen components) on the surface of fine peat particles.

In conducting research the additive (HMA) was contributed at certain levels in the semi-finished extinguishing powder (made without traditionally used hydrophobe additive — aerosil).

The studies have revealed that supplementation of the HMA-series additives as a hydrophobic component allows to attach the components the hydrophobic properties to the components of fire extinguishing powder, to reduce susceptibility to moisture absorption and to increase the extinguishing effect. Moreover, the practice of using this type of additives in grinding of various kinds of mineral materials shows that they are good intensifiers for grinding and allow to increase conditional specific surface of particles (other things being equal) by at least 5–10 %.

Keywords: dry chemical; hydrophobic-modifying agents; water repellency; extinguishment of model seat of fire.

REFERENCES

1. Baratov A. N., Vogman L. P. *Ognetushashchiye poroshkovyye sostavy* [Extinguishing powders]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1982, pp. 3–4.
2. Abduragimov I. M. O mekhanizmax ognetushashchego deystviya sredstv pozharotusheniya [About mechanisms of fire extinguishing action of fire extinguishing means]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 4, pp. 60–82.
3. *Website materials of I.B.TEC*. Available at: <http://ibtec.com.ua/publikatsii/98-poroshki-ognetushashchie-osobennosti-primenenija.html> (Accessed 8 December 2012).
4. *Website materials "Pulse of the Prices"*. Available at: <http://www.pulscen.ru/price/040312-ayerosil> (Accessed 8 December 2012).
5. *Website materials "ProPartner.ru"*. Available at: <http://www.propartner.ru> (Accessed 8 December 2012).
6. Rakovskiy V. Ye. *Obshchaya khimicheskaya tekhnologiya torfa* [General chemical peat technology]. Moscow–Leningrad, 1949. 363 p.
7. Rakovskiy V. Ye., Kaganovich F. L., Novichkova Ye. A. *Khimiya pirogennykh protsessov* [Chemistry of pyrogenic processes]. Minsk, Byelorussian SSR Academy of Sciences Publ., 1959. 208 p.
8. Misnikov O. S., Pukhova O. V., Belugin D. Yu., Ashcheulnikov P. F. Gidrofobizatsiya sukhikh stroitelnykh smesey dobavkami iz organicheskikh biogennykh materialov [Hydrophobization of dry mortar additives made of organic biogenic materials]. *Stroitelnyye materialy — Construction Materials*, 2004, no. 10, pp. 2–4.
9. Misnikov O. S. Fiziko-khimicheskiye osnovy gidrofobizatsii mineralnykh vyazhushchikh materialov dobavkami iz torfyanogo syrya [Physical and chemical basis of mineral water repellent binders by peat material additives]. *Teoreticheskiye osnovy khimicheskoy tekhnologii — Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 2006, vol. 40, no. 4, pp. 455–464.
10. Lishtvan I. I., Terentyev A. A., Bazin Ye. T., Golovach A. A. *Fiziko-khimicheskiye osnovy tekhnologii torfyanogo proizvodstva* [Physical and chemical fundamentals of peat production]. Minsk: Nauka i Tekhnika Publ., 1983. 232 p.
11. Misnikov O. S., Chertkova Ye. Yu. Primeneniye sovremennykh vysokotekhnologicheskikh metodov issledovaniya pri izuchenii svoystv modifitsirovannykh tsementov [The use of modern high-tech research methods for studying the properties of modified cements]. *Vestnik TvGU. Seriya Khimiya — Bulletin of Tver State University. Chemistry Series*, 2011, no. 29, issue 12. 276 p.
12. Deryagin B. V., Churaev N. V., Ovcharenko B. V. *Voda v dispersnykh sistemakh* [Water in disperse systems]. Moscow, Khimiya Publ., 1989. 288 p.
13. *National Standards of the Russian Federation 53280.4–2009. Automatic gas fire extinguishing systems. Extinguishing medium. Part 4. Dry fire extinguishing powders. General technical requirements. Test methods*. Moscow, Standartinform Publ., 2009. 14 p. (in Russian).

**ВОПРОС:**

Допускается ли соединение заземлителя отдельно стоящего молниеотвода с заземляющим устройством электроустановок взрывоопасного объекта в целях обеспечения его молниезащиты и защиты от статического электричества?

ОТВЕТ:

В соответствии с РД 34.21.122–87 [1] для зданий и сооружений, отнесенных по устройству молниезащиты к I категории (объекты со взрывоопасными зонами 0, 1 и 20, 21), объединение заземлителя отдельно стоящего молниеотвода с заземляющим устройством электроустановок запрещено, а расстояние между отдельно стоящим молниеотводом и зданием строго определено.

Для зданий и сооружений, отнесенных по устройству молниезащиты ко II категории (объекты со взрывоопасными зонами 2, 22), допускается использовать общий заземлитель для отдельно стоящего молниеотвода и электроустановок, а расстояние от отдельно стоящего молниеотвода до здания не нормируется.

В то же время в целях защиты от разрядов статического электричества на взрывоопасном объекте выполняется заземление всего технологического оборудования. Этому вопросу уделяют большое внимание, так как энергия разряда может быть достаточна для воспламенения взрывоопасной смеси. Например, для паро- и газовоздушных взрывоопасных смесей минимальная энергия, необходимая для воспламенения такой смеси, составляет 0,009–2 мДж, а для пылевоздушных — 2–250 мДж. Накопление зарядов на поверхностях технологического оборудования объекта может

происходить в результате заноса высокого потенциала при ударе молнии в отдельно стоящий молниеотвод, защищающий данный объект, по общему заземляющему устройству молниеотвода и технологического оборудования. При этом воспламеняющая энергия искры от заноса высокого потенциала может быть в 10^2 – 10^5 раз больше минимальной энергии воспламенения газовых сред, а для пылевоздушных сред она может превосходить это значение в 6–14 раз [2, 3]. Поэтому не допускается объединять заземляющие устройства для защиты от статического электричества с заземляющими устройствами отдельно стоящих молниеотводов [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД 34.21.122–87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений: утв. Главтехуправлением Минэнерго СССР 12.10.87 г.; введ. 12.10.87 г. — М. : Энергоатомиздат, 1989.
2. Черкасов В. Н. Защита пожаро- и взрывоопасных зданий и сооружений от молнии и статического электричества. — М. : Стройиздат, 1993.
3. Черкасов В. Н., Зыков В. И. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок : учеб. пособие. — М. : Пожнаука, 2010. — 406 с.
4. ГОСТ 31613–2012. Электростатическая искробезопасность. Общие технические требования и методы испытаний. — Введ. 15.02.2013 г. — М. : Стандартинформ, 2013.

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**.

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.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ!

Направляемые в журнал “ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ” статьи должны представлять собой результаты научных исследований и испытаний, описания новых технических устройств и программно-информационных продуктов; проблемные обзоры и краткие сообщения; 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 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 не должно быть никаких транслитераций с русского языка, кроме непереводаемых названий собственных имен, приборов и других объектов, имеющих собственные названия; не должен также использоваться 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 (полностью, на русском языке и транслитерация). Авторами являются лица, принимавшие участие во всей работе или ее главных разделах. Лица, участвовавшие в работе частично, указываются в сносках.

2.3.2. Степени, звания, должность, адресные сведения о месте работы всех авторов (на русском и английском языках). Здесь необходимо указать: официальное полное название организации вместе с ведомством, к которому оно принадлежит (при переводе — желательно его официально принятый английский вариант), индекс, страну, город, название улицы, номер дома, а также контактные телефоны и электронный адрес хотя бы одного из авторов. Все почтовые сведения на иностранном языке (кроме наименования улицы, которое должно быть в транслитерированном виде) должны быть представлены на английском языке, в том числе название города и страны.

Пример: Institute for Problem in Mechanics, Russian Academy of Sciences, Prospekt Vernadskogo, 101, 119526 Moscow, 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 (должно излагать существенные факты и результаты работы и не должно преувеличивать или включать материал, который отсутствует в основной части публикации);

■ структурированным (следовать логике описания результатов в публикации);

■ “англоязычным” (написано качественным английским языком; необходимо использовать активный, а не пассивный залог, т. е. “The study tested”, но не “It was tested in this study”);

■ объем текста авторского резюме должен быть не менее 100–250 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 описывают предельно точно и информативно. 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, применяют в исключительных случаях или дают их расшифровку и определение при первом употреблении в авторском резюме.

В авторском резюме не даются ссылки на публикации, приведенные в списке литературы к статье.

2.6. Ключевые слова (на русском и английском языках).

2.7. Текст статьи (в формате Word через 1,5 инт.; формулы должны быть набраны в Equation 3.0 или MathType).

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

Цитируемая литература должна быть оформлена в виде общего списка в порядке цитирования. В тексте ссылка на литературу отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. При этом цитируемый один в один текст из других публикаций следует брать в кавычки. 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.

2.9. Пристайные списки литературы в романском алфавите (латинице) — References.

Для References можно предложить следующий формат:

Author A. A., Author B. B., Author C. C. Title of article. *Title of Journal*, 2005, vol. 10, no. 2, pp. 49–53.

Примеры описаний в References

Статьи из журнала:

Zagurenko A. G., Korotovskikh V. A., Kolesnikov A. A., Timonov A. V., Kardymon D. V. Tekhniko-ekonomicheskaya optimizatsiya dizaina gidrorazryva plasta [Techno-economic optimization of the design of hydraulic fracturing]. *Neftyanoe khozyaistvo — Oil Industry*, 2008, no. 11, pp. 54–57.

(Авторы (транслитерация), название статьи в транслитерированном варианте [перевод названия статьи на английский язык в квадратных скобках] (представление в References только транслитерированного (без перевода) описания недопустимо), курсивом название журнала (транслитерация — перевод), год выхода издания, номер журнала, интервал страниц. Нежелательно в ссылках делать произвольные сокращения названий источников).

Статьи из электронного журнала:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B. P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 1999, vol. 5, no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/> (Accessed 28 April 2011).

Статьи с DOI:

Zhang Z., Zhu D. Experimental research on the localized electrochemical micro-machining. *Russian Journal of Electrochemistry*, 2008, vol. 44, no. 8, pp. 926–930. doi: 10.1134/S1023193508080077.

(Если описываемая публикация имеет doi, его указание обязательно в References).

Статьи из продолжающегося издания (сборника трудов):

Astakhov M. V., Tagantsev T. V. Eksperimental'noe issledovanie prochnosti soedinenii "stal"—kompozit [Experimental study of the strength of joints "steel-composite"]. *Trudy MG TU "Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem"* [Proc. of the Bauman MSTU "Mathematical Modeling of Complex Technical Systems"], 2006, no. 593, pp. 125–130.

Материалы конференций:

Usmanov T. S., Gusmanov A. A., Mullagalin I. Z., Muhametshina R. Ju., Chervyakova A. N., Sveshnikov A. V. Osobennosti proektirovaniya razrabotki mestorozhdeniy s primeneniem gidrorazryva plasta [Features of the design of field development with the use of hydraulic fracturing]. *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma "Novye resursoberegayushchie tekhnologii nedropol'zovaniya i povysheniya neftegazootdachi"* [Proc. 6th Int. Symp. "New Energy Saving Subsoil Technologies and the Increasing of the Oil and Gas Impact"]. Moscow, 2007, pp. 267–272.

Книги (монографии, сборники):

Nenashev M. F. *Poslednee pravitel'stvo SSSR* [Last government of the USSR]. Moscow, Krom Publ., 1993. 221 p.

Переводные книги:

Timoshenko S. P., Young D. H., Weaver W. *Vibration problems in engineering*. 4th ed. New York, Wiley, 1974. 521 p. (Russ. ed.: Timoshenko S. P., Iang D. Kh., Uiver U. *Kolebaniya v inzhenernom dele*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985. 472 p.).

Интернет-ресурс:

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov [Rules for the Citing of Sources] Available at: <http://www.scribd.com/doc/1034528/> (Accessed 7 February 2011).

Диссертации или авторефераты диссертаций:

Semenov V. I. *Matematicheskoe modelirovanie plazmy v sisteme kompaktnyi tor*. Diss. dokt. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, 2003. 272 p.

ГОСТы:

GOST 8.586.5–2005. *Metodika vypolneniia izmerenii. Izmerenie raskhoda i kolichstva zhidkostei i gazov s pomoshch'iu standartnykh suzhaiushchikh ustroystv* [State Standard 8.586.5–2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p.

или

State Standard 8.586.5–2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p. (in Russian).

Описание патента:

Palkin M. V., e. a. *Sposob orientirovaniia po krenu letatel'nogo apparata s opticheskoi golovkoi samonavedeniia* [The way to orient on the roll of aircraft with optical homing head]. Patent RF, no. 2280590, 2006.

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

3. 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.

4. 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 создать PDF-файл из этой программы. Все иллюстрации должны иметь сквозную нумерацию. Чертежи в качестве иллюстраций не приемлемы.

5. 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.

6. К статьям, авторами которых являются соискатели ученых степеней, следует прилагать рецензию, которая должна быть подписана рецензентом из сторонней организации (с указанием его Ф. И. О., ученого звания, ученой степени, должности, места работы), заверена отделом кадров (ученым секретарем) и печатью.

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

8. Плата с аспирантов за публикацию работ не взимается.

Приглашаем Вас к сотрудничеству на страницах нашего журнала.



Международный отраслевой форум-выставка **ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ XXI ВЕКА**

Москва, МВЦ «Крокус Экспо», II павильон, зал №10
24-27 сентября 2013 года

12-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА «ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ XXI ВЕКА»

- Пожарная безопасность отраслевых направлений экономики и жизнедеятельности
- Пожарная техника, оборудование, системы защиты и спасения
- Охранная и пожарная автоматика (комплексные системы безопасности)
- Услуги в области пожарной безопасности
- Противопожарная пропаганда

Конкурсы:

- «Лучшее техническое решение в области пожарной безопасности»
- «Лидер продаж продукции пожарно-технического назначения»
- «Лучшие материалы и наглядные пособия по противопожарной пропаганде и обучению мерам пожарной безопасности»

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА В НАПРАВЛЕНИИ «ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ. ВОПРОСЫ САМОРЕГУЛИРОВАНИЯ. ИНВЕСТИЦИИ»

РЕКЛАМА



Дирекция выставки: +7 (495) 727-25-98, fireexpo@crocus-off.ru, <http://www.fireexpo.ru>

Организатор:



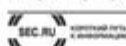
Генеральный
информационный партнёр:



Официальный информационный
партнёр:



Главный
Интернет-партнёр:



Главный информационный
партнёр:



Официальный
партнёр:



Региональный
медиа-партнёр:



Информационный партнёр
МВЦ «Крокус Экспо»:



- 1 **Свод правил. Системы противопожарной защиты** (электронная версия). — 2011. Цена — 500 руб.
- 2 **Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"**. — 2010. — 150 с. Цена — 220 руб.
- 3 АНТОНЕНКО А. А., БУЦЫНСКАЯ Т. А., ЧЛЕНОВ А. Н. **Основы эксплуатации систем комплексного обеспечения объектов**: учебно-справочное пособие. — 2010. — 220 с. — ISBN 978-5-91444-017-3. Цена — 380 руб.
- 4 АСЕЕВА Р. М., СЕРКОВ Б. Б., СИВЕНКОВ А. Б. **Горение древесины и ее пожароопасные свойства**: монография. — 2011. — 262 с. — ISBN 978-5-9229-0045-4. Цена — 350 руб.
- 5 БРУШЛИНСКИЙ Н. Н., КОРОЛЬЧЕНКО А. Я. **Моделирование пожаров и взрывов**. — 2000. — 492 с. Цена — 540 руб.
- 6 КОРОЛЬЧЕНКО А. Я. **Процессы горения и взрыва**: учебник. — 2007. — 266 с.: ил. — ISBN 978-5-91444-001-2. Цена — 450 руб.
- 7 КОРОЛЬЧЕНКО А. Я., ЗАГОРСКИЙ Д. О. **Категорирование помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности**. — 2010. — 118 с. — ISBN 978-5-91444-015-9. Цена — 250 руб.
- 8 КОРОЛЬЧЕНКО А. Я., КОРОЛЬЧЕНКО Д. А. **Основы пожарной безопасности предприятия. Полный курс пожарно-технического минимума**: учебное пособие. — 2011. — 320 с. — ISBN 978-5-91444-021-X. Цена — 350 руб.
- 9 КОРОЛЬЧЕНКО А. Я., КОРОЛЬЧЕНКО Д. А. **Основы пожарной безопасности предприятия. Полный курс пожарно-технического минимума**: учебное пособие [Электронная версия]. — 2011. Цена — 300 руб.
- 10 КОРОЛЬЧЕНКО А. Я., КОРОЛЬЧЕНКО О. Н. **Средства огнезащиты**. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — 2009. — 560 с.: ил. — ISBN 978-5-91444-010-4. Цена — 540 руб.
- 11 КОРОЛЬЧЕНКО А. Я., КОРОЛЬЧЕНКО О. Н. **Средства огне- и биозащиты**. — Изд. 3-е, перераб. и доп. — 2010. — 250 с. БЕСПЛАТНО.
- 12 КОРОЛЬЧЕНКО Д. А., ГРОМОВОЙ В. Ю. **Огнетушители. Устройство. Выбор. Применение**. — 2010. — 94 с. — ISBN 978-5-91444-014-02. Цена — 140 руб.
- 13 ПИЛЮГИН Л. П. **Обеспечение взрывоустойчивости зданий с помощью предохранительных конструкций**. — 2000. — 224 с.: ил. — ISBN 5-901283-03-1. Цена — 240 руб.
- 14 ПИЛЮГИН Л. П. **Прогнозирование последствий внутренних аварийных взрывов**. — 2010. — 380 с. — ISBN 978-5-91444-016-6. Цена — 450 руб.
- 15 СМЕЛКОВ Г. И., ЧЕРКАСОВ В. Н., ВЕРЕВКИН В. Н., ПЕХОТИКОВ В. А., РЯБИКОВ А. И. **Электроустановки во взрывопожароопасных зонах**: справочное пособие. — 2012. — 222 с. — ISBN 978-5-91444-022-X. Цена — 300 руб.
- 16 ЧЕРКАСОВ В. Н., ЗЫКОВ В. И. **Обеспечение пожарной безопасности электроустановок**: учебное пособие. — 2010. — 406 с. — ISBN 978-5-91444-020-3. Цена — 470 руб.
- 17 **Электронная версия комплекта типовых инструкций по пожарной безопасности для руководителя предприятия**. Цена — 980 руб.

СУПЕРСКИДКИ

- 1 СОБУРЬ С. В. **Заполнение проемов в противопожарных преградах**: пособие. — Изд. 2-е, с изм. и доп. — 2006. — 168 с. — ISBN 5-98629-005-4. Цена — 90 руб.
- 2 СОБУРЬ С. В. **Пожарная безопасность сельскохозяйственных предприятий**: справочник. — 2005. — 88 с. — ISBN 5-98629-004-6. Цена — 36 руб.
- 3 ТЕРЕБНЕВ В. В., АРТЕМЬЕВ Н. С., ГРАЧЕВ В. А. **Транспорт: наземный, морской, речной, воздушный, метро**: учебное пособие. — 2007. — 383 с. — ISBN 5-903049-09-5. Цена — 220 руб.
- 4 ТЕРЕБНЕВ В. В., АРТЕМЬЕВ Н. С., ПОДГРУШНЫЙ А. В. **Леса, торфяники, лесосклады**. — 2007. — 358 с. — ISBN 5-903049-12-5. Цена — 220 руб.
- 5 ТЕРЕБНЕВ В. В., АРТЕМЬЕВ Н. С., ПОДГРУШНЫЙ А. В. **Объекты добычи, переработки и хранения горючих жидкостей и газов**: учебное пособие. — 2007. — 325 с. — ISBN 5-903049-11-7. Цена — 220 руб.

■ Адрес: 121352, г. Москва, а/я 43. Заказ книг: тел./факс: (495) 735-28-13, (495) 228-09-03, 8-909-940-63-94; e-mail: info@fire-smi.ru, mail@firepress.ru; www.fire-smi.ru, www.firepress.ru.

- В бланке заказа на приобретение книг просьба указать:
- 1) название организации полностью;
 - 2) реквизиты (ИНН/КПП обязательно);
 - 3) наименование и количество заказываемой литературы;
 - 4) почтовый адрес, тел./факс, e-mail, контактное лицо;
 - 5) способ доставки: самовывоз или почтовая.

■ **ВНИМАНИЕ!!!** Цены указаны без стоимости доставки, которая составляет 25 % стоимости заказа.

■ **Постоянным покупателям предоставляются скидки!**

Издательство “Пожнаука” предлагает Вам оформить подписку на журнал “Пожаровзрывобезопасность” на 1-е (2-е) полугодие 2013 г.

**Подписка на полугодие включает в себя
шесть номеров журнала “Пожаровзрывобезопасность”.
Стоимость полугодовой подписки составляет 4950 руб. (НДС — 0 %).**



**ПЕРСОНАЛЬНАЯ ПОДПИСКА
на журнал**

**ПОЖАРОВЗРЫВО-
БЕЗОПАСНОСТЬ**



ISSN 0869-7493

КУПОН '2013

Издание	Цена подписки, руб.	Количество экземпляров	Стоимость подписки, руб.
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” (1-е полугодие 2013 г.)	4950		
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” (2-е полугодие 2013 г.)	4950		

- ☐ Укажите в таблице количество экземпляров, которое Вам необходимо.
В связи с введением обязательного составления счетов-фактур при совершении операций по реализации просим прислать также карточку Вашей организации. Эти сведения необходимы для подготовки и высылки Вам счета-фактуры.
- ☐ Заполненный купон и копию платежного поручения вышлите по тел./факсу (495) 735-28-13 или по e-mail: info@fire-smi.ru, mail@firepress.ru в отдел распространения.
- ☐ Оплату за подписку Вы можете произвести по следующим реквизитам:
ООО “Издательство “ПОЖНАУКА”
Почтовый адрес: 121352, г. Москва, а/я 43
ИНН / КПП 7731652572 / 773101001
Р/с 40702810930130056301 в ОАО “Промсвязьбанк” г. Москва
К/с 301018104000000000555
БИК 044525555
Главный редактор — *Корольченко Александр Яковлевич*

**По вопросам подписки просьба обращаться по телефонам
(495) 228-09-03, 8-909-940-63-94**

ПОДПИСКА ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ:

через ООО “Издательство “Пожнаука”;
через агентство “РОСПЕЧАТЬ”, индекс 83340;
через агентство “АПР”, индекс 83647
(в любом почтовом отделении в каталоге
“Газеты и журналы”);

через подписные агентства:
ООО “Интер-Почта 2003”, ООО “ИНТЕР-ПОЧТА-РЕГИОН”,
ООО “Урал-Пресс XXI”, ООО “Информнаука”,
ЗАО “МК-ПЕРИОДИКА”



БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ КОНКУРС «ЭТАЛОН БЕЗОПАСНОСТИ»
ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОПАСНОСТИ В РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛЕ
БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ
ДЕНЬ МОНТАЖНИКА И ПРОЕКТИРОВЩИКА
БЕЗОПАСНОСТЬ БОЛЬШОГО ГОРОДА
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ ОБЪЕКТОВ
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. НЕВСКИЙ ДИАЛОГ

Здесь определяется вектор безопасности

**12-15
НОЯБРЯ
2013**

Место проведения:
Санкт-Петербург, Ленэкспо



SfiteX
St. Petersburg International Security & Fire Exhibition



IS CS
International Security & Fire Exhibition

4-й СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА
ИНФОРМАЦИЯ: ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ

TS FS RS

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА
СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

**ОХРАНА И БЕЗОПАСНОСТЬ
22-й МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ**

Получите электронный
билет на сайте:

www.sfiteX.ru

Организатор: +7 (812) 380 6009/00, SECURITY@PRIMEXPO.RU

Генеральный интернет-партнер: Медиа-партнер: Информационная поддержка:

РЕКЛАМА