

4-2014

ПОЖ Издательство
НАУКА

ПОЖАРОВЗРЫВО- БЕЗОПАСНОСТЬ



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0869-7493

КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

пожарная • промышленная • производственная • экологическая

НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ
ЭНЕРГОРЕСУРСОВ (СУГ И СПГ)





ISSE

INTEGRATED SAFETY & SECURITY EXHIBITION

КРУПНЕЙШАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ВЫСТАВКА ПО БЕЗОПАСНОСТИ

VII международный салон

КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ 2014

Москва,
Всероссийский выставочный центр,
павильоны № 75 и № 69

20 - 23 мая

Тематические разделы



Пожарная
безопасность



Техника
охраны



Безопасность
границы



Медицина
катастроф



Защита
и оборона



Средства
спасения



Экологическая
безопасность



Промышленная
безопасность



Информационные
технологии



Комплексная безопасность
на транспорте



Ядерная
и радиационная безопасность

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

GENERAL QUESTIONS OF FIRE SAFETY

БАКИРОВ И. К.
Обучение в области пожарной безопасности
методом проведения пожарно-технических минимумов

7

BAKIROV I. K.
Training in fire safety by method
of fire technical minimum

ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА

COMBUSTION AND EXPLOSION PROCESSES

ЖДАНОВА А. О., СТРИЖАК П. А.
Особенности зажигания гелеобразного топлива
локальным источником нагрева

13

ZHDANOVA A. O., STRIZHAK P. A.
Features of gelled fuel ignition
at local heating

ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

FIRE-AND-EXPLOSION HAZARD OF SUBSTANCES AND MATERIALS

ТРУШКИН Д. В.
Проблемы классификации строительных материалов
по пожарной опасности. Часть 2. Сравнительный анализ
экспериментальных методов по оценке пожарной
опасности строительных материалов, принятых в России
и странах Евросоюза. Определение горючести
строительных материалов

24

TRUSHKIN D. V.
Problems of classification of construction materials
on fire hazard. Part 2. Comparative analysis of experimental
methods for fire hazard assessment of construction
materials accepted in Russia and the European Union
countries. Determination of combustibility
for construction materials

ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

FIRE-AND-EXPLOSION SAFETY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND EQUIPMENT

ПОКРОВСКАЯ Е. П., ПОКРОВСКИЙ А. А., КОЗЛОВА О. В.
Разработка и исследование пожаробезопасной технологии
обеспечения повышенной заметности детской одежды

34

POKROVSKAYA E. P., POKROVSKIY A. A., KOZLOVA O. V.
Development and research of fire-resistant technology provide
increased visibility of children's clothing

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ОБЪЕКТОВ

FIRE SAFETY OF BUILDINGS, STRUCTURES, OBJECTS

АБДУРАГИМОВ И. М., КУПРИН Г. Н.
Нерешенные проблемы пожаровзрывобезопасности
энергоресурсов (СУГ и СПГ) как оборотная сторона успехов
энергетической стратегии Российской Федерации

42

ABDURAGIMOV I. M., KUPRIN G. N.
Unsolved problems of fire and explosion safety of energy
resources (LPG and LNG) as the other side of the success of the
energy strategy of the Russian Federation

БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ

FIRE SAFETY OF PEOPLE

ШИХАЛЕВ Д. В., ХАБИБУЛИН Р. Ш.
Математическая модель определения направлений
безопасной эвакуации людей при пожаре

51

SHIKHALEV D. V., KHABIBULIN R. Sh.
Mathematical model of definition of safe evacuation
directions in case of fire

ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

FIRE AUTOMATIC

ГОРБАНЬ Ю. И., СИНЕЛЬНИКОВА Е. А.
Пожарные роботы и ствольная пожарная техника
в пожарной автоматике и пожарной охране.
I. Устройства формирования струй

62

GORBAN Yu. I., SINELNIKOVA Ye. A.
Fire robots and fire monitors in automatic
fire fighting and fire prevention.
I. Stream formation devices

СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

MEANS AND WAYS OF FIRE EXTINGUISHING

ДМИТРИЕВ О. В., МИСНИКОВ О. С., ПОПОВ В. И.
Способ получения гидрофобно-модифицированных
порошков и методика определения
их огнетушащей способности

65

DMITRIEV O. V., MISNIKOV O. S., POPOV V. I.
Method for producing hydrophobically
modified powders and method for determining
their extinguishing ability

КОРОЛЬЧЕНКО Д. А., ШАРОВАРНИКОВ А. Ф., ДЕГАЕВ Е. Н.
Лабораторная методика определения
изолирующих свойств пены на поверхности гептана

72

KOROL'CHENKO D. A., SHAROVARNIKOV A. F., DEGAEV E. N.
Laboratory standard methodology for insulating properties
of foam on heptane surface

ЛЮБИМОВ В. Н., СКУШНИКОВА А. И.,
ЕРМАКОВА Т. Г., ВОЛКОВА Л. И.
Повышение устойчивости противопожарных пен
при помощи полимерных добавок различной природы

77

LYUBIMOV V. N., SKUSHNIKOVA A. I.,
ERMAKOVA T. G., VOLKOVA L. I.
Improving the sustainability of fire foams
using polymeric additives of different nature

ДИСКУССИИ

DISCUSSION

ДУБИНИН М. П., ЖУКОВ В. В.
Долго ходим кругами и топчемся на месте
(К вопросу о формировании отрасли экономики
в области обеспечения пожарной безопасности)

81

DUBININ M. P., ZHUKOV V. V.
We are making no headway
(To the question of the field of economy
in the sphere of providing fireless industrial safety)

ВОПРОС – ОТВЕТ

87

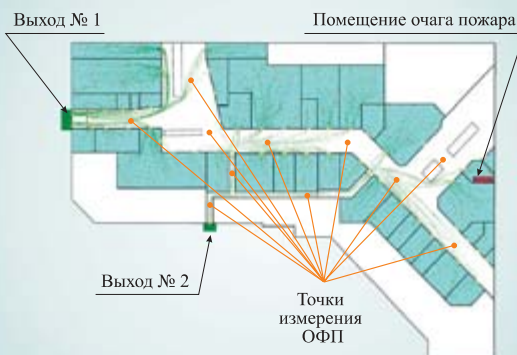
QUESTION – ANSWER

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.



Проблемы пожаровзрывобезопасности энергоресурсов

Стр. 42



Стр. 51

Математическая модель безопасной эвакуации людей



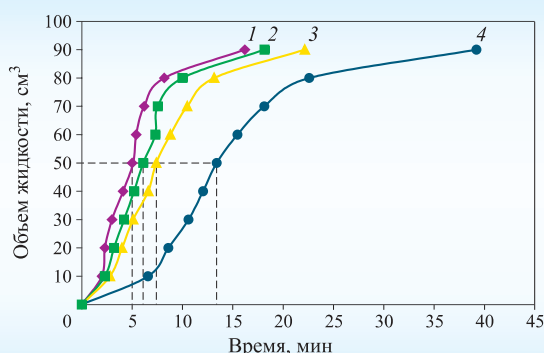
Устройства формирования струй

Стр. 62



Определение огнетушащей способности ГМД

Стр. 65



Стр. 77

Повышение устойчивости противопожарных пен

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)

Горбань Ю. И., генеральный директор – главный конструктор (Россия)

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

Корольченко Д. А., к. т. н., академик МАНЭБ (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, 8-909-940-01-85.

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 11.04.2014.

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 **Korol'chenko 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,
8-909-940-01-85

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

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

"Pozharovzryvobezopasnost" ("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 11.04.2014
Format is 60x84 1/8
Printing is 5 000 copies
Chalk-overlay mat paper
Offset printing

Chairman of Editorial Board:

Korol'chenko 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)

Gorban Yu. I.,

General Director – Chief Designer (Russia)

Kiryukhantsev Ye. Ye.,

Candidate of Technical Sciences, Professor (Russia)

Korol'chenko D. A.,

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

Ю.И.ГОРБАНЬ

**ПОЖАРНЫЕ РОБОТЫ И СТОЛЬНАЯ ТЕХНИКА
В ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКЕ И ПОЖАРНОЙ ОХРАНЕ**

М.: Пожнаука, 2013 г. - 352 с.

- ♦ Для специалистов в области пожарной автоматики и пожарной охраны.
- ♦ В книге представлены новые технологии пожаротушения с применением пожарных роботов, выполненных на базе современной ствольной пожарной техники. Показано, как создавались пожарные роботы в России, как совершенствовалась их конструкция, как они применялись в техногенных катастрофах и как они защищают объекты различного назначения.
- ♦ Рассмотрены основные понятия по гидравлике в пожарном деле и баллистике струй, а также по огнеопасным материалам и огнетушащим веществам, применяемым в ствольной технике.
- ♦ Дана подробная информация по применению роботизированных установок пожаротушения и пожарных стволов для защиты пожароопасных объектов, включая сведения, необходимые для проектировщиков и конструкторов.
- ♦ В 2014 г. книга удостоена премии Национальной академии наук пожарной безопасности в номинации "Монография".



СОДЕРЖАНИЕ:

- Часть 1. От первого пожарного робота до Завода пожарных роботов
- Часть 2. Гидравлика в пожарном деле
- Часть 3. Баллистика струй
- Часть 4. «Jet Fog» - летающие и распыленные огнетушащие вещества
- Часть 5. Пожароопасность и пожаробезопасность в расчетах пожарной автоматики
- Часть 6. Ручные пожарные стволы
- Часть 7. Пожарные лафетные стволы
- Часть 8. Пожарная робототехника
- Часть 9. Защита объектов лафетными стволами
- Часть 10. Защита объектов с применением роботизированных пожарных комплексов

ПО ВОПРОСАМ ПРИОБРЕТЕНИЯ КНИГИ ОБРАЩАЙТЕСЬ:

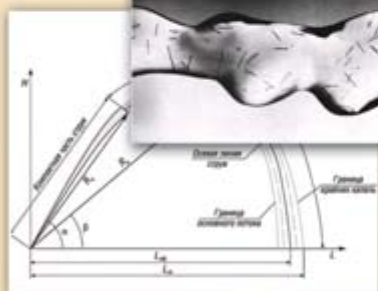
ЗАО „Инженерный центр пожарной робототехники “ЭФЭР”
185031, г.Петрозаводск, ул.Заводская, д.4
Тел./факс: (8142) 57-11-27, 77-49-23
e-mail: office@firerobots.ru, <http://www.firerobots.ru>

Представительство ЗАО „Инженерный центр „ЭФЭР” в г. Москве:
143956, Московская обл., г.Балашиха, мкр.Никольско-Архангельский,
Разинское ш., д.5, бизнес-центр “Вешняки”, офис 204
Т./ф.: +7(498) 665-75-35, моб.т. +7(916) 652-70-78

ООО „Издательство „Пожнаука”
Тел: (495) 228-09-03
e-mail: mail@firepress.ru, <http://www.firepress.ru>



РЕКЛАМА



ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПОЖНАУКА»

ПРЕДЛАГАЕТ ВАШЕМУ ВНИМАНИЮ

Г. И. Смелков, В. Н. Черкасов,
В. Н. Веревкин, В. А. Пехотилов, А. И. Рябиков

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ во взрывопожароопасных зонах

Справочное пособие

М.: ООО «Издательство «Пожнаука», 2012. – 222 с.



Приводятся новые, отвечающие современной нормативной базе, требования по классификации горючих смесей и пожаровзрывоопасных зон; рекомендации по выбору и использованию оборудования, включая кабельные изделия во взрывопожароопасных зонах.

Издание предназначено для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием и монтажом электроустановок, работников пожарной охраны и специалистов широкого профиля в качестве учебного пособия для подготовки и повышения квалификации в области пожаровзрывобезопасности электроустановок.

И. К. БАКИРОВ, канд. техн. наук, доцент кафедры “Пожарная и промышленная безопасность” ФГБОУ ВПО “Уфимский государственный нефтяной технический университет” (Россия, Республика Башкортостан, 450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; e-mail: bakirovirek@bk.ru)

УДК 614.841.33

ОБУЧЕНИЕ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МЕТОДОМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ МИНИМУМОВ

Рассмотрены вопросы обучения работников организаций и населения в области пожарной безопасности методом пожарно-технического минимума. Отмечены недостатки в обучении, в том числе в его организационно-правовой базе. Определены приоритеты в организации процесса обучения пожарно-техническому минимуму. Обсуждена лицензионно-разрешительная база для организации процесса обучения в области пожарной безопасности.

Ключевые слова: обучение; пожарно-технический минимум; лицензия; пожарная безопасность; образовательная деятельность.

*Природа так обо всем позаботилась,
что повсюду ты находишь чему учиться.*

Леонардо да Винчи

Правильное поведение в экстремальных ситуациях, в том числе при пожаре, является основным условием спасения. Испытывая чувство страха, человек следует не голосу разума, а инстинктам. Взрослый может впасть в панику, а первая реакция ребенка — спрятаться от опасности, не видеть ее. Дети прячутся под кровати, в шкафы и другие укромные места, их приходится искать, что затрудняет их спасение, поэтому важно не просто рассказать о пожарной безопасности, но и отработать до автоматизма правила поведения на пожаре. Только систематическая, планомерная работа поможет сформировать у обучающихся прочные знания о правилах пожарной безопасности [1]. И работникам, имеющим время от времени правовые отношения с инспекторами пожарного надзора, всегда есть чему поучиться, чтобы быть более компетентными в вопросах пожарной безопасности. Да, вопрос актуальности образования в области пожарной безопасности не вызывает ни тени сомнения.

Необходимость обучения в области пожарной безопасности сегодня закреплена в Федеральном законе № 69 “О пожарной безопасности” [2], в развитие которого принят основной нормативный правовой акт — Нормы пожарной безопасности “Обучение мерам пожарной безопасности работников организаций” (приказ МЧС России № 645) [3]. Этим документом определены два основных вида обучения в области пожарной безопасности: противопожарный инструктаж и пожарно-технический мини-

мум. Организация противопожарных инструктажей на объектах защиты возлагается на лиц, ответственных за пожарную безопасность. Однако, как правило, они делают это формально, ограничиваясь подписью сотрудников в журнале о прохождении обучения. Хотя надо отметить, что на объектах нефтегазовой отрасли этот вопрос решается более ответственно. Хотелось бы более подробно остановиться на организации пожарно-технических минимумов.

Давайте разложим “по полочкам” порядок организации проведения пожарно-технических минимумов. Пожарно-технические минимумы могут быть организованы на объектах как с отрывом, так и без отрыва от производства [3]. Какие организации сегодня имеют право проводить пожарно-технический минимум с отрывом от производства?

На основании ст. 12 Федерального закона “О лицензировании отдельных видов деятельности” [4] МЧС России сегодня может выдавать лицензии на два вида деятельности:

- деятельность по тушению пожаров в населенных пунктах, на производственных объектах и объектах инфраструктуры, по тушению лесных пожаров;
- деятельность по монтажу, техническому обслуживанию и ремонту средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений.

На основании приложения к положению “О лицензировании деятельности по монтажу, техническому обслуживанию и ремонту средств обеспече-

ния пожарной безопасности зданий и сооружений” [5] в перечень работ и услуг, составляющих деятельность по монтажу, техническому обслуживанию и ремонту средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений, входит:

- 1) монтаж, техническое обслуживание и ремонт систем пожаротушения и их элементов, включая диспетчеризацию и проведение пусконаладочных работ;
- 2) монтаж, техническое обслуживание и ремонт систем пожарной и охранно-пожарной сигнализации и их элементов, включая диспетчеризацию и проведение пусконаладочных работ;
- 3) монтаж, техническое обслуживание и ремонт систем противопожарного водоснабжения и их элементов, включая диспетчеризацию и проведение пусконаладочных работ;
- 4) монтаж, техническое обслуживание и ремонт систем (элементов систем) дымоудаления и противодымной вентиляции, включая диспетчеризацию и проведение пусконаладочных работ;
- 5) монтаж, техническое обслуживание и ремонт систем оповещения и эвакуации при пожаре и их элементов, включая диспетчеризацию и проведение пусконаладочных работ;
- 6) монтаж, техническое обслуживание и ремонт фотолюминесцентных эвакуационных систем и их элементов;
- 7) монтаж, техническое обслуживание и ремонт противопожарных занавесов и завес, включая диспетчеризацию и проведение пусконаладочных работ;
- 8) монтаж, техническое обслуживание и ремонт заполнений проемов в противопожарных преградах;
- 9) устройство (кладка, монтаж), ремонт, облицовка, теплоизоляция и очистка печей, каминов, других теплогенерирующих установок и дымоходов;
- 10) выполнение работ по огнезащите материалов, изделий и конструкций;
- 11) монтаж, техническое обслуживание и ремонт первичных средств пожаротушения.

Как мы видим, деятельность по обучению в организациях мерам пожарной безопасности в состав лицензируемых видов деятельности не входит.

Теперь рассмотрим второй вид лицензии, который выдает МЧС России, — на деятельность по тушению пожаров. В Положении о лицензировании деятельности по тушению пожаров в населенных пунктах, на производственных объектах и объектах инфраструктуры, по тушению лесных пожаров [6] не предусмотрен перечень видов деятельности, которые входят в деятельность по тушению пожаров.

Однако в ст. 1 Федерального закона № 69 [2] дано четкое определение того, что подразумевается под деятельностью по тушению пожаров: “Организация тушения пожаров — совокупность оперативно-тактических и инженерно-технических мероприятий (за исключением мероприятий по обеспечению первичных мер пожарной безопасности), направленных на спасение людей и имущества от опасных факторов пожара, ликвидацию пожаров и проведение аварийно-спасательных работ”. В свою очередь, в ст. 63 Федерального закона “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” [7] установлено, что к первичным мерам пожарной безопасности относится *организация обучения населения мерам пожарной безопасности* и пропаганда в области пожарной безопасности, содействие распространению пожарно-технических знаний.

Из этого мы делаем вывод, что в состав видов деятельности по тушению пожаров не входит организация обучения населения мерам пожарной безопасности, а значит, и *обучение мерам пожарной безопасности не относится к виду деятельности, лицензируемому МЧС России*.

Теперь проанализируем, нужна ли при организации пожарно-технических минимумов лицензия на образовательную деятельность, которую выдает Министерство образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки). На основании п. 4 Положения о лицензировании образовательной деятельности [8] образовательная деятельность, осуществляемая путем проведения разовых занятий различных видов (в том числе лекций, стажировок, семинаров) и не сопровождающаяся итоговой аттестацией и выдачей документов об образовании, деятельность по содержанию и воспитанию обучающихся и воспитанников, осуществляемая без реализации образовательных программ, а также индивидуальная трудовая педагогическая деятельность не подлежат лицензированию.

Исходя из данной нормы, коммерческая организация при наличии в учредительных документах указания на данный вид деятельности вправе организовывать семинары, разовые лекции, стажировки, не сопровождающиеся итоговой аттестацией и выдачей документов об образовании, без наличия лицензии.

На основании норм [3] все программы обучения пожарно-техническому минимуму сопровождаются зачетом, а зачет и аттестация — это слова, близкие по смыслу. Из этого следует, что одно из двух условий организации проведения пожарно-технического минимума (лекция, сопровождающаяся аттестацией) обязывает организацию получать лицензию Минобрнауки. Однако в нормах [3] ничего не сказано о выдаче удостоверения по окончании обучения

и аттестации в виде зачета (второе условие, обязывающее организацию получать лицензию на проведение пожарно-технического минимума), поэтому выполняется только одно из условий Положения [8] — наличие зачета или аттестации. Из этого следует, что обучение по программе пожарно-технического минимума, предусматривающей аттестацию или зачет без необходимости выдачи документов об образовании, — это нелицензируемый вид деятельности для Минобрнауки, так как не выполняются оба условия, обязывающие организацию получать лицензию Минобрнауки.

В то же время в методических рекомендациях по организации обучения в области пожарной безопасности дана форма квалификационного удостоверения по пожарной безопасности, которое выдается после окончания курса пожарно-технического минимума [9]. Как же быть с этим? С другой стороны, методические рекомендации не являются нормативным правовым актом и необязательны для исполнения. В результате этой неразберихи вводятся в заблуждение многие люди и учреждения, которые организуют проведение пожарно-технических минимумов. Ведь по Положению о лицензировании образовательной деятельности [8], если такая деятельность сопровождается аттестацией в виде зачета и выдачей документа по ее окончании, то она подлежит лицензированию. Таким образом, либо методические рекомендации [9] идут “в разрез” (вступают в противоречие) с нормативным правовым актом — положением о лицензировании [8], либо необходимо признать эту деятельность лицензируемой. В связи с этим нами был сделан запрос в Минобрнауки, на который было получено письмо следующего содержания:

Управление государственных услуг Росособнадзора рассмотрело Ваше обращение от 05.12.2013 вх. № Ба-8466 и сообщает следующее.

Образовательная деятельность подлежит лицензированию в соответствии с Федеральным законом от 04.05.2011 № 99-ФЗ “О лицензировании отдельных видов деятельности” с учетом особенностей, установленных статьей 91 Федерального закона от 29.12.2012 № 273-ФЗ “Об образовании в Российской Федерации” (далее — Федеральный закон об образовании).

Согласно пункту 1 статьи 2 Федерального закона об образовании под образованием понимается единый целенаправленный процесс воспитания и обучения, являющийся общественно значимым благом и осуществляемый в интересах человека, семьи, общества и государства, а также совокупность приобретаемых знаний, умений, навыков, ценностных установок, опыта деятельности и компетенции определенных объема и сложности в целях интеллектуального, духовно-нравственного, творческого, физического и (или) профессионального развития человека, удовлетворения его образовательных потребностей и интересов.

Согласно пункту 17 статьи 2 Федерального закона об образовании образовательная деятельность — деятельность по реализации образовательных программ.

Образовательная деятельность подлежит лицензированию. Лицензирование образовательной деятельности осуществляется по видам образования, по уровням образования, по профессиям, специальностям, направлениям подготовки (для профессионального образования), по под видам дополнительного образования (статья 91 Федерального закона об образовании).

Статьей 12 Федерального закона об образовании установлено, что образовательная программа определяет содержание образования.

Обучение пожарно-техническому минимуму осуществляется в соответствии с требованиями приказа МЧС России от 12.12.2007 № 645 “Об утверждении норм пожарной безопасности “Обучение мерам пожарной безопасности работников организаций” (зарегистрирован Минюстом России 21.01.2008, регистрационный № 10938) (далее — приказ МЧС России).

В соответствии с приказом МЧС России обучение пожарно-техническому минимуму организуется как с отрывом, так и без отрыва от производства (пункт 35 приказа МЧС России).

Обучение с отрывом от производства проводится в образовательных учреждениях пожарно-технического профиля, учебных центрах Федеральной противопожарной службы МЧС России, учебно-методических центрах по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям субъектов Российской Федерации, территориальных подразделений Государственной противопожарной службы МЧС России, в организациях, оказывающих в установленном порядке услуги по обучению населения мерам пожарной безопасности (пункт 37 приказа МЧС России).

Обучение по специальным программам пожарно-технического минимума непосредственно в организации проводится руководителем организации или лицом, назначенным приказом (распоряжением) руководителя организации ответственным за пожарную безопасность, имеющим соответствующую подготовку (пункт 40 приказа МЧС России).

Приказом МЧС России не предусмотрена выдача лицам, прошедшим обучение пожарно-техническому минимуму, каких-либо документов, подтверждающих факт и результаты такого обучения.

Из положений действующих законодательных и иных нормативных правовых актов, в том числе из приказа МЧС России, не следует, что обучение пожарно-техническому минимуму направлено на реализацию целей и задач, изложенных в Федеральном законе об образовании. Кроме того, подобные программы невозможно отнести ни к одному из видов образовательных программ, предусмотренных Федеральным законом об образовании.

На основании изложенного полагаем, что обучение пожарно-техническому минимуму не является реализацией образовательной программы и не подлежит лицензированию в качестве образовательной деятельности.

*Начальник Управления
С. М. Рукавишников*

Из письма следует, что эта деятельность Министерством образования и науки России признается нелегальной в качестве образовательной деятельности.

Кроме того, согласно нормам [3] все программы по пожарно-техническому минимуму должны быть согласованы с территориальным органом государственного пожарного надзора. Но... в МЧС России создаются свои пожарные учебные центры при региональных правительствах, и инспектора пожарного надзора — главные преподаватели в этих заведениях. Стало быть, конкурентов на этот рынок им пускать не резон, а при согласовании программ обучения возможна волокита [10].

Еще в 2009 г. министр МЧС России давал интервью, в котором было отмечено следующее: “Если раньше обучение вопросам пожарной безопасности можно было осуществлять только при наличии лицензии, то сейчас это ограничение снято. И все, что касается обучения в сфере пожарной безопасности, гражданской обороны, защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях, *может осуществляться любой организацией, имеющей право на образовательную деятельность...*” [11]. Однако господин министр МЧС России ошибся: сегодня Минобрнауки лицензии на образовательную деятельность для ведения деятельности по организации пожарно-технических минимумов не выдает.

Выводы

Таким образом, лицензирование деятельности по обучению пожарно-техническому минимуму работников организаций сегодня не контролируется

ни одним ведомством, выдающим лицензии: ни МЧС России, ни Минобрнауки. А так как это услуга платная, то мы, наверное, не ошибемся, если скажем, что в результате происходит прямая “отмывка” денег: никакого обучения не проводится, удостоверения выдаются за минимальную плату, и, более того, процесс обучения никем не контролируется. В первую очередь это касается закрытых объектов, например опасных производственных предприятий, в том числе нефтегазовой отрасли. На нефтеперерабатывающих заводах ищут, кто подешевле может “сделать” (не обучить, а “сделать”) удостоверения о прохождении обучения пожарно-техническому минимуму, да еще умудряются какие-то “откаты” за это иметь. Такое положение надо или менять, или отменять! С другой стороны, непонятно, почему сегодня эта услуга вообще платная, если такой деятельностью может заниматься любая организация без всякого разрешения, без лицензии? Может, это и есть стремление заказчиков более качественно учить своих работников, а также желание передать организацию процесса обучения полностью в сферу рыночных отношений, без вмешательства и контроля со стороны государства? Может, у них “просыпается” самосознание и желание более качественно обучить своих работников, несмотря на определенные финансовые расходы, и поэтому они заказывают платное обучение пожарно-техническому минимуму? Хотелось бы в это верить, но пока не выходит: по нашему мнению, организации и ведомства просто пока до конца не разобрались, как правильно организовывать этот вид деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проект “Пожарная безопасность”. URL : <http://rudocs.exdat.com/docs2/index-591726.html> (дата обращения: 25.12.2013 г.).
2. О пожарной безопасности : Федер. закон от 21.12.1994 г. № 69-ФЗ; принят Гос. Думой 18.11.94 г.; введ. 26.12.94 г. // Собр. законодательства РФ. — 1994. — № 35, ст. 3649.
3. Нормы пожарной безопасности “Обучение мерам пожарной безопасности работников организаций” : приказ МЧС РФ от 12.12.2007 г. № 645; зарег. В Минюсте РФ 21.01.2008 г., рег. № 10938; введ. 11.04.2008 г. // Бюл. нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. — 31.03.2008. — № 13.
4. О лицензировании отдельных видов деятельности : Федер. закон РФ от 04.05.2011 г. № 99-ФЗ; принят Гос. Думой 22.04.2011 г.; одоб. Сов. Федерации 27.04.2011 г. // Собр. законодательства РФ. — 2011. — № 19, ст. 2716.
5. О лицензировании деятельности по монтажу, техническому обслуживанию и ремонту средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений : постановление Правительства РФ от 30.12.2011 г. № 1225; введ. 21.01.2012 г. // Российская газета. — 13.01.2012. — Федер. вып. № 5678. URL : www.rg.ru/2012/01/13/license-dok.html (дата обращения: 05.01.2014 г.).
6. О лицензировании деятельности по тушению пожаров в населенных пунктах, на производственных объектах и объектах инфраструктуры, по тушению лесных пожаров : постановление Правительства РФ от 31.01.2012 г. № 69; введ. 21.02.2012 г. // Российская газета. — 14.02.2012. URL : www.rg.ru/2012/02/14/pojar-licenzii-site-dok.html (дата обращения: 05.01.2014 г.).

7. 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.
8. Положение о лицензировании образовательной деятельности: постановление Правительства РФ от 16.03.2011 г. № 174; введен 02.04.2011 г. // Российская газета. — 25.03.2011. — Федер. вып. № 5439. URL : www.rg.ru/2011/03/23/license-obr-site-dok.html (дата обращения: 03.01.2014 г.).
9. Методические рекомендации по организации обучения руководителей и работников организаций. Противопожарный инструктаж и пожарно-технический минимум : утв. МЧС РФ 12.12.2006 г. // Библиотека инженера по охране труда. — 2007. — № 1–2. URL : <http://rudocs.exdat.com/docs/index-356682.html> (дата обращения: 05.01.2014 г.).
10. ПТМ (обучение рабочих внутри организации) // Охрана труда в России : информ. портал. URL : http://ohranatruda.ru/ot_forum/forum13/topic3271/?PAGEN_1=5 (дата обращения: 03.01.2014 г.).
11. Вступление в силу “Технического регламента о требованиях пожарной безопасности”. Новые подходы в сфере обеспечения пожарной безопасности : разъяснения заместителя министра МЧС России Пучкова В. А. в интернет-интервью компании “Гарант” 10.04.2009 г. URL : <http://www.garant.ru/action/interview/10312> (дата обращения: 05.01.2014 г.).

Материал поступил в редакцию 9 января 2014 г.

English

TRAINING IN FIRE SAFETY BY METHOD OF FIRE TECHNICAL MINIMUM

BAKIROV I. K., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Fire and Industrial Safety Department, Ufa State Petroleum Technological University (Kosmonavtov St., 1, Ufa, 450062, Republic Bashkortostan, Russian Federation; e-mail address: bakirovirek@bk.ru)

ABSTRACT

The issue of education including in the field of fire safety there is no doubt in its relevance. Today the organization of training in fire safety order acts the Ministry of Emergency Situations of Russia “On approval standards for fire safety “Fire safety training for employees of organizations”. This order defines two main types of training in the field of fire safety: fire drill and fire technical minimum. Fire technical minima can be organized as being discontinued and as on the job.

The Ministry of Emergency Situations of Russia today may license two activities:

- firefighting activities in the settlements, production facilities and infrastructure, to fight forest fires;
- activity on installation, maintenance and repair of fire safety of buildings and structures.

As we see the training activities of organizations in fire safety measures in the activities that these licenses cover is not included.

A commercial organization may carry out seminars, one-time lectures, internships are not accompanied by a final certification and issuance of documents on education, without a license.

The guidelines for the organization of training in the field of fire safety have a form of qualification certificate for fire safety, which is issued after completion of fire technical minimum. They mislead many people and organizations which undertake fire safety lows. Regulation on licensing of educational activities, if we have a certification in the form of set-off and issued a document at the end of certification, such activities must be licensed. The request was made and a letter was received from the Ministry of Education and Science. From this it follows that such activity by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation is not recognized as a licensed educational activities.

Licensing of activity at training fire technical minimum workers of organizations today are not controlled by any one agency that issued the license.

Keywords: training; fire technical minimum; license; fire safety; educational activities.

REFERENCES

1. *Proekt "Pozharnaya bezopasnost"* [Project "Fire safety"]. Available at: <http://rudocs.exdat.com/docs2/index-591726.html> (Accessed 25 December 2013).
2. About fire safety. Federal Law on 21.12.1994 No. 69. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of Russian Federation*, 1994, no. 35, art. 3649 (in Russian).
3. Standards for fire safety "Fire safety training for employees of organizations". Order of the Emercom from 12.12.2007 No 645. *Byulleten normativnykh aktov federalnykh organov ispolnitelnoy vlasti — Bulletin of Normative Acts of Federal Executive Authorities*, 31.03.2008, no. 13 (in Russian).
4. On licensing certain types of activities. Federal Law on 04.05.2011 No. 99. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of Russian Federation*, 2011, no. 19, art. 2716 (in Russian).
5. On the licensing of the installation, maintenance and repair of fire safety of buildings and structures. Government Decree on 30.12.2011 No. 1225. *Rossiyskaya gazeta — Russian Newspaper*, Federal issue no. 5678. Available at: www.rg.ru/2012/01/13/license-dok.html (Accessed 5 January 2014) (in Russian).
6. On licensing of extinguishing fires in settlements, industrial facilities and infrastructure, forest fire. Government Decree on 31.01.2012 No. 69. *Rossiyskaya gazeta — Russian Newspaper*, 14.02.2012. Available at: www.rg.ru/2012/02/14/pojar-licenzii-site-dok.html (Accessed 5 January 2014) (in Russian).
7. Technical regulations for fire safety requirements. Federal Law on 22.07.2008 No. 123. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of Russian Federation*, 2008, no. 30 (part I), art. 3579 (in Russian).
8. *Polozheniye o litsenzirovanii obrazovatelnoy deyatel'nosti* [On licensing of educational activities]. Government Decree on 16.03.2011 No. 174. *Rossiyskaya gazeta — Russian Newspaper*, Federal issue no. 5439. Available at: www.rg.ru/2011/03/23/license-obr-site-dok.html (Accessed 3 January 2014) (in Russian).
9. *Metodicheskiye rekomendatsii po organizatsii obucheniya rukovoditeley i rabotnikov organizatsiy. Protivopozharnyy instruktsiy i pozharno-tekhnicheskyy minimum* [Guidelines for the organization of training managers and workers organizations. Fire drill and fire technical minimum]. *Biblioteka inzhenera po okhrane truda — Library of the Engineer on Labour Protection*, 2007, no. 1–2. Available at: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-356682.html> (Accessed 5 January 2014).
10. PTM (obucheniye rabochikh vnutri organizatsii) [PTM (training of workers within the organization)]. *Okhrana truda v Rossii. Inform. portal — Safety in Russia, Information portal*. Available at: http://ohranatruda.ru/ot_forum/forum13/topic3271/?PAGEN_1=5 (Accessed 3 January 2014).
11. *Vstupleniye v silu "Tekhnicheskogo reglamenta o trebovaniyakh pozharnoy bezopasnosti"*. *Novyye podkhody v sfere obespecheniya pozharnoy bezopasnosti. Razyasneniya zamestitelya ministra MChS Rossii Puchkova V. A. v internet-intervyu kompanii "Garant" 10.04.2009 g.* [Entry into force of the "Technical regulations on fire safety requirements". New approaches in the sphere of fire security. Explained Russian Deputy Emergencies Minister Vladimir Puchkov the online interview of the "Garant" 10.04.2009]. Available at: <http://www.garant.ru/action/interview/10312> (Accessed 5 January 2014).

А. О. ЖДАНОВА, студентка Энергетического института Национального исследовательского Томского политехнического университета
(Россия, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 30; e-mail: zhdanooova@mail.ru)

П. А. СТРИЖАК, д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор кафедры автоматизации теплоэнергетических процессов, заведующий лабораторией моделирования процессов теплообмена Энергетического института Национального исследовательского Томского политехнического университета
(Россия, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 30; e-mail: pavelspa@tpu.ru)

УДК 536.468

ОСОБЕННОСТИ ЗАЖИГАНИЯ ГЕЛЕОБРАЗНОГО ТОПЛИВА ЛОКАЛЬНЫМ ИСТОЧНИКОМ НАГРЕВА

Выполнено численное исследование физико-химических процессов и фазовых переходов при зажигании типичного гелеобразного топлива источником нагрева с ограниченным теплосодержанием — разогретой металлической частицей малых размеров. Установлена зависимость основной интегральной характеристики процесса — времени задержки зажигания от теплоемкости источника нагрева. Выявлены предельные значения основных параметров (температура, размеры) источника энергии, при которых возможно возгорание. Проведено сопоставление условий зажигания гелеобразных топлив при локальном нагреве с аналогичными параметрами для твердых и жидких горючих веществ.

Ключевые слова: пожарная опасность; зажигание; плавление; испарение; кристаллизация; окисление; гелеобразное топливо; нагретая металлическая частица.

Введение

Пожароопасность процессов взаимодействия типичных жидких и твердых конденсированных веществ (в частности, топлив), гетерогенных структур, полимерных и лесных горючих материалов, а также парогазовых смесей с широко распространенными локальными источниками ограниченной энергоемкости различной физической природы (разогретые до высоких температур металлические и неметаллические частицы, проволоочки, стержни, концентрированные потоки солнечного излучения и лазеры) обоснована результатами теоретических [1–7] и экспериментальных [8–11] исследований, выполненных в последние годы. Определены зависимости основных интегральных характеристик зажигания от ряда факторов и процессов. Выявлены условия, при которых возможно возгорание конденсированных веществ при локальном нагреве. Разработаны упрощенные прогностические модели [12, 13] для оценки пожарной опасности локального нагрева конденсированных веществ, находящихся в твердом и жидком агрегатных состояниях. Незнученными остаются процессы зажигания гелеобразных (желеобразных) конденсированных веществ, хранящихся, как правило, при криогенных температурах, типичными локальными источниками нагрева. Экспериментальные исследования процессов зажигания таких структур затруднены достаточно жесткими требованиями, предъявляемыми к условиям про-

ведения экспериментов, сложными процедурами подготовки системы *горючее – окислитель* и необходимостью использовать высокоточное измерительное оборудование. В связи с этим численное моделирование является едва ли не единственным доступным подходом к исследованию рассматриваемых процессов.

Цель работы — численное исследование макроскопических закономерностей газозафазного зажигания типичного гелеобразного топлива разогретой до высоких температур металлической частицей и сопоставление интегральных характеристик зажигания с аналогичными параметрами для твердых и жидких топлив.

Постановка задачи

При формулировании физической модели процесса зажигания принималось, что разогретая до высоких температур металлическая частица инерционно осажается на поверхности типичного гелеобразного топлива [14–16] (рис. 1), которое находится в твердом агрегатном состоянии при начальных криогенных температурах. Топливо содержит горючее и окислитель. Последний сгущен добавками солей и гидратов. Объемные доли горючего ϕ и окислителя $(1 - \phi)$ в конденсированном веществе известны. Считалось, что за счет кондуктивного, конвективного и лучистого теплообмена приповерхностный слой топлива прогревается и, как следст-

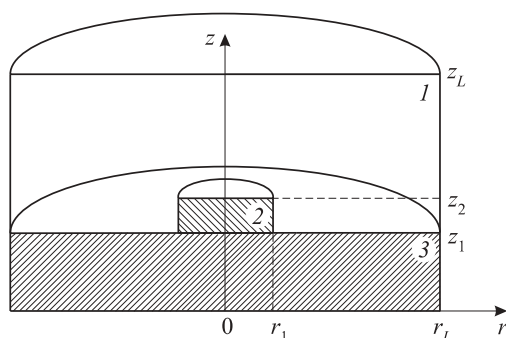


Рис. 1. Схема области решения задачи: 1 — парагазовая смесь; 2 — разогретая частица; 3 — гелеобразное топливо

вие, ускоряются процессы его плавления. При достижении условий парообразования происходит испарение жидкой фазы структуры *горючее – окислитель*. Пары горючего и окислителя поступают в область, заполненную инертным газом, температура которого также близка к криогенной. В малой окрестности частицы формируется парагазовая смесь, содержащая горючее, окислитель и инертный газ. При достижении достаточных для воспламенения температур и концентраций компонентов смеси происходит зажигание последней. Промежуток времени с момента выпадения источника нагрева на поверхность топлива до выполнения условий зажигания представляет собой время задержки зажигания τ_d .

При численном моделировании в качестве окислителя и горючего выбраны наиболее типичные составляющие жидких и гелеобразных топливных композиций [14–16] — соответственно сжиженный кислород и гидразин. В качестве источника нагрева принята стальная частица в форме цилиндрического диска малых размеров (R_p , Z_p). Установлено, что для твердых [17] и жидких [18] конденсированных веществ форма частиц несущественно влияет на интегральные характеристики зажигания. Поэтому вместо неправильных многогранников (форма реальных частиц, образующихся в ряде практических приложений) при моделировании можно использовать симметричные тела вращения — цилиндрические диски.

Учитывался также возможный фазовый переход в материале частицы при ее остывании — кристаллизация расплава металла. Интервал изменения начальных температур металлической частицы T_p выбран таким образом, чтобы можно было рассматривать условия зажигания в диапазоне температур T_p выше и ниже точки плавления. В частности, для стальной частицы начальная температура варьировалась от 1200 до 1700 К.

При постановке задачи принимались следующие допущения.

1. В результате испарения горючего и окислителя образуются вещества с известными термодинамическими и теплофизическими характеристиками.

При экспериментальном определении кинетических параметров реакций окисления обычно определяются “эффективные” значения энергии активации E и предэкспоненциального множителя k_0 [19, 20]. Предполагается реализация одной “эффективной” реакции, в которой участвует одно горючее вещество. Соответственно, теоретический анализ исследуемого процесса возможен при использовании кинетической схемы, для которой известны значения E и k_0 .

2. Не учитывается возможное выгорание приповерхностного слоя гелеобразного топлива. Известно [21], что процесс выгорания жидкого конденсированного вещества при локальном нагреве за время τ_d приводит к незначительному (менее 4 %) снижению интегральных характеристик зажигания. Поэтому аналогично постановке [21] для гелеобразного топлива при $0 < \tau < \tau_d$ выгоранием можно пренебречь.

3. Не учитываются процессы внедрения источника нагрева в приповерхностный слой. Установлено [9, 10], что при инерционном осаждении частиц малых размеров со скоростью не более 1,5 м/с характерное время задержки зажигания τ_d существенно меньше времени полного погружения частиц.

4. Не учитывается деформация поверхности частицы. Установлено [6, 8], что даже при контакте с твердыми конденсированными веществами конфигурация металлических и неметаллических частиц не изменяется вследствие достаточно малых скоростей осаждения.

5. Теплофизические характеристики (плотность, теплопроводность, теплоемкость) солей и гидратов, используемых для сгущения окислителя (придания желеобразного агрегатного состояния), принимаются сопоставимыми с аналогичными параметрами окислителя. Как правило, при подготовке гелеобразных топлив [14–16] в целях сохранения их энергетических свойств сгущающие добавки выбирают с теплофизическими характеристиками, близкими свойствам компонентов горючего и окислителя (за исключением кинематической вязкости).

6. Теплофизические характеристики взаимодействующих веществ не зависят от температуры. Установлено [22], что для рассматриваемого диапазона температур изменение теплофизических характеристик типичных конденсированных веществ и локальных источников нагрева несущественно влияет на интегральные характеристики зажигания.

Критерии зажигания принимались согласно представлениям современной теории зажигания конденсированных веществ [23]:

- энергия, выделяемая в результате химической реакции окисления горючего, больше теплоты,

передаваемой от разогретой частицы топливу и формирующейся парогазовой смеси;

- температура смеси газообразных компонентов окислителя и горючего в зоне реакции окисления превышает начальную температуру источника нагрева.

Для описания взаимосвязанных процессов тепло-массопереноса в условиях химического реагирования, экзотермических и эндотермических фазовых переходов при $0 < \tau < \tau_d$ использовалась система нелинейных нестационарных дифференциальных уравнений в частных производных [24–26]:

- 1) для парогазовой смеси ($r_1 < r < r_L$, $z_1 < z < z_2$; $0 < r < r_L$, $z_2 < z < z_L$):

- уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2} = \omega; \quad (1)$$

- уравнение движения парогазовой смеси:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \omega}{\partial \tau} + u \frac{\partial \omega}{\partial r} + w \frac{\partial \omega}{\partial z} = \\ = v_1 \left[\frac{\partial^2 \omega}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \omega}{\partial r} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial z^2} \right] + \gamma g \frac{\partial T_1}{\partial z}; \end{aligned} \quad (2)$$

- уравнение энергии для парогазовой смеси:

$$\begin{aligned} \frac{\partial T_1}{\partial \tau} + u \frac{\partial T_1}{\partial r} + w \frac{\partial T_1}{\partial z} = \\ = a_1 \left[\frac{\partial^2 T_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_1}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_1}{\partial z^2} \right] + \frac{Q_o W_o}{\rho_1 C_1}; \end{aligned} \quad (3)$$

- уравнение диффузии паров горючего:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_f}{\partial \tau} + u \frac{\partial C_f}{\partial r} + w \frac{\partial C_f}{\partial z} = \\ = D_{12} \left[\frac{\partial^2 C_f}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial C_f}{\partial r} + \frac{\partial^2 C_f}{\partial z^2} \right] - \frac{W_o}{\rho_{12}}; \end{aligned} \quad (4)$$

- уравнение диффузии паров окислителя:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_o}{\partial \tau} + u \frac{\partial C_o}{\partial r} + w \frac{\partial C_o}{\partial z} = \\ = D_{13} \left[\frac{\partial^2 C_o}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial C_o}{\partial r} + \frac{\partial^2 C_o}{\partial z^2} \right] - \frac{W_o}{\rho_{13}}; \end{aligned} \quad (5)$$

- уравнение баланса для парогазовой смеси:

$$C_f + C_o + C_g = 1; \quad (6)$$

- 2) для металлической частицы ($0 < r < r_1$, $z_1 < z < z_2$):

- уравнение теплопроводности:

$$\frac{\partial T_2}{\partial \tau} = a_2 \left[\frac{\partial^2 T_2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_2}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_2}{\partial z^2} \right] + \frac{Q_c W_c}{z_L \rho_2 C_2}; \quad (7)$$

- 3) для гелеобразного топлива ($0 < r < r_L$, $0 < z < z_1$):

- уравнение теплопроводности:

$$\frac{\partial T_3}{\partial \tau} = a_3 \left[\frac{\partial^2 T_3}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_3}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_3}{\partial z^2} \right] - \frac{Q_m W_m}{z_L \rho_3 C_3}. \quad (8)$$

Здесь r, z — координаты цилиндрической системы, м; r_L, z_L — размеры области решения, м; ψ — функция тока, м²/с; ω — вихрь скорости, с⁻¹; u, w — компоненты скорости газообразных продуктов испарения соответственно горючего и окислителя, м/с; v — кинематическая вязкость, м²/с; γ — коэффициент термического расширения, К⁻¹; g — ускорение свободного падения, м/с²; T — температура, К; a — температуропроводность, м²/с; Q_o — тепловой эффект реакции окисления паров горючего, Дж/кг; W_o — массовая скорость окисления, кг/(м³·с); ρ — плотность, кг/м³; C — удельная теплоемкость, Дж/(кг·К); C_f, C_g, C_o — безразмерная концентрация соответственно паров горючего, инертного газа и паров окислителя; D — коэффициент диффузии, м²/с; Q_c — тепловой эффект кристаллизации материала частицы, Дж/кг; W_c — массовая скорость кристаллизации материала частицы, кг/(м²·с); Q_m — тепловой эффект плавления системы *горючее* – *окислитель*, Дж/кг; W_m — массовая скорость плавления связки *горючее* – *окислитель*, кг/(м²·с); индексы: 1 — парогазовая смесь; 2 — частица; 3 — топливо; 12 — пары горючего; 13 — пары окислителя.

Начальные условия ($\tau = 0$):

- $0 < r < r_L$, $0 < z < z_1$:

$$T = T_0;$$

- $0 < r < r_1$, $z_1 < z < z_2$:

$$T = T_p;$$

- $r_1 < r < r_L$, $z_1 < z < z_2$; $0 < r < r_L$, $z_2 < z < z_L$:

$$T = T_0, C_f = 0, C_o = 0, \psi = 0, \omega = 0,$$

где T_0 — начальная температура топлива и инертного газа, К;

T_p — начальная температура частицы, К.

Граничные условия ($0 < \tau < \tau_d$):

- $r = 0$, $r = r_L$, $0 < z < z_1$:

$$\partial T_3 / \partial r = 0;$$

- $r = 0$, $z_1 < z < z_2$:

$$\partial T_2 / \partial r = 0;$$

- $r = r_1$, $z_1 < z < z_2$:

$$-\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial r} - q_r = -\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial r};$$

- $r = 0$, $r = r_L$, $z_2 < z < z_L$:

$$\partial T_1 / \partial r = 0;$$

- $z = 0$, $0 < r < r_L$:

$$\partial T_3 / \partial z = 0;$$

- $z = z_1, 0 < r < r_1$:

$$-\lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial z} - Q_{ef} W_{ef} - Q_{eo} W_{eo} = -\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial z};$$
- $z = z_1, r_1 < r < r_L$:

$$-\lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial z} - Q_{ef} W_{ef} - Q_{eo} W_{eo} = -\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial z};$$
- $z = z_2, 0 < r < r_1$:

$$-\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial z} - q_r = -\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial z};$$
- $z = z_L, 0 < r < r_L$:

$$\frac{\partial T_1}{\partial z} = 0,$$

где λ — теплопроводность, Вт/(м·К);

q_r — плотность теплового потока, отводимого от источника нагрева за счет лучистого теплообмена, Вт/м²;

Q_{ef}, Q_{eo} — тепловой эффект испарения соответственно горючего и окислителя, Дж/кг;

W_{ef}, W_{eo} — массовая скорость испарения соответственно горючего и окислителя, кг/(м²·с).

Теплофизические характеристики топлива рассчитывались с использованием следующих выражений:

$$\lambda_3 = \phi \lambda_{fs} + (1 - \phi) \lambda_{os};$$

$$C_3 = \phi C_{fs} + (1 - \phi) C_{os};$$

$$\rho_3 = \phi \rho_{fs} + (1 - \phi) \rho_{os},$$

где fs, os — индексы, соответствующие горючему компоненту и окислителю в топливе.

Массовые скорости испарения горючего и окислителя рассчитывались соответственно по формулам [27]:

$$W_{ef} = \phi \frac{\beta}{1 - k_\beta \beta} \frac{P_e^n - P_e}{\sqrt{2\pi R_t T_s / M_{12}}};$$

$$W_{eo} = (1 - \phi) \frac{\beta}{1 - k_\beta \beta} \frac{P_e^n - P_e}{\sqrt{2\pi R_t T_s / M_{13}}},$$

где β — коэффициент конденсации (испарения) [28];

k_β — безразмерный коэффициент; $k_\beta \approx 0,4$ [27];

P_e^n — давление насыщенных паров горючего (окислителя), Н/м²;

P_e — давление паров горючего (окислителя) вблизи границы испарения, Н/м²;

R_t — универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К);

T_s — температура на границе фазового перехода, К;

M — молярная масса паров горючего (окислителя), кг/моль.

Массовая скорость кристаллизации материала частицы рассчитывалась по формуле [27]:

$$W_c = V_c \rho_3,$$

где V_c — линейная скорость кристаллизации, м/с.

Линейная скорость кристаллизации материала частицы определялась из следующего выражения [29]:

$$V_c = \frac{\delta(r, z, \tau + \Delta\tau) - \delta(r, z, \tau)}{\Delta\tau},$$

где $\delta(r, z, \tau + \Delta\tau)$, $\delta(r, z, \tau)$ — расстояние от нижней грани частицы до фронта кристаллизации соответственно на $(\tau + \Delta\tau)$ -м и τ -м шаге по времени, м; $\Delta\tau$ — шаг по времени, с.

Массовая скорость плавления топлива рассчитывалась по формуле

$$W_m = V_m \rho_3,$$

где V_m — линейная скорость плавления, м/с (вычислялась аналогично V_c).

Для определения массовой скорости химического реагирования (окисления) использовалось выражение [25]:

$$W_o = \rho_1 C_f^n C_o^m k_0 \exp\left(-\frac{E}{R_t T_1}\right),$$

где n, m — постоянные бинарной скорости реакции ($n + m = 1$);

k_0 — предэкспонента реакции окисления, с⁻¹;

E — энергия активации реакции окисления, Дж/моль.

Плотность теплового потока, отводимого от источника нагрева за счет лучистого теплообмена, рассчитывалась по формуле [29]:

$$q_r = \sigma \varepsilon T^4,$$

где σ — постоянная Стефана–Больцмана,

Вт/(м²·К⁴);

ε — степень черноты.

Система уравнений (1)–(8) решалась с использованием методов и алгоритмов, описанных в [18, 21, 22]. Для повышения точности решения устанавливалось не менее 400 узлов разностной сетки по каждой из координат и использовался неравномерный шаг по времени — 10^{-9} – 10^{-6} с.

Для оценки достоверности результатов численного моделирования аналогично [22] выполнялась проверка консервативности используемой разностной схемы.

Результаты исследования и их обсуждение

Численные исследования выполнены при следующих типичных значениях параметров [30–35]: начальная температура топлива и окружающего инертного газа $T_0 = 90$ К; начальная температура стальной частицы $T_p = 1200$ – 1700 К; параметры химического реагирования паров гидразина и сжиженного кислорода ($Q_o = 14,644$ МДж/кг, $E = 121,3$ кДж/моль, $k_0 = 2,25 \cdot 10^9$ с⁻¹); тепловой эффект плавления топлива $Q_m = 395$ кДж/кг; безразмерный коэффициент

конденсации (испарения) $\beta = 0,1$; тепловой эффект испарения гидразина $Q_{ef} = 1390$ кДж/кг; тепловой эффект испарения сжиженного кислорода $Q_{eo} = 2100$ кДж/кг; тепловой эффект кристаллизации $Q_c = 205$ кДж/кг; температура кристаллизации материала стальной частицы $T_c = 1500$ К; коэффициент термического расширения $\gamma = 0,001$ К $^{-1}$; размеры частицы $R_p = Z_p = 0,5 \div 5,0$ мм; толщина пленки топлива $Z_c = 5 \div 10$ мм; размеры области решения $r_L = z_L = 20$ мм. Теплофизические характеристики топлива, частицы и газообразных компонентов смеси принимались согласно [32–35].

В результате численного моделирования определены макроскопические особенности процессов тепломассопереноса, фазовых переходов и химического реагирования при зажигании типичной гелеобразной топливной композиции *гидразин – сжиженный кислород* широко распространенным локальным источником нагрева малых размеров — разогретой стальной частицей. В частности, установлено, что предельные значения параметров, определяющих теплосодержание частицы (температура и размеры), при которых возможно зажигание топлива, существенно превышают аналогичные параметры для систем с твердыми и жидкими конденсированными веществами [1–7]. Так, например, для рассматриваемого топлива *гидразин – сжиженный кислород* минимальная температура стальной частицы, при которой происходит зажигание, составляет 1050 К (при $R_p = Z_p = 3$ мм). При увеличении размеров частицы до 5 мм минимальная температура, при которой реализуются условия зажигания, несущественно (до 20 К) снижается относительно 1050 К.

На рис. 2 приведена зависимость времени задержки зажигания рассматриваемой системы *гидразин – сжиженный кислород* от теплосодержания металлической частицы Q_p . Для вычисления теплосодержания источника нагрева использовалось выражение [29]:

$$Q_p = \rho_2 C_2 V_p (T_p - T_0),$$

где V_p — объем частицы, м 3 ; $V_p = \pi R_p^2 Z_p$.

Теплосодержание источников энергии существенно влияет на условия прогрева приповерхностных слоев твердых и жидких конденсированных веществ, особенно при ограниченном теплосодержании источников [36]. На интегральные характеристики зажигания (в частности, время задержки зажигания τ_d) твердых и жидких конденсированных веществ [1–7] существенное влияние оказывают и температура, и размеры частицы, определяющие ее теплосодержание Q_p . В рассматриваемой системе (см. рис. 1) для гелеобразной структуры *горючее – окислитель* установлено, что варьирование разме-

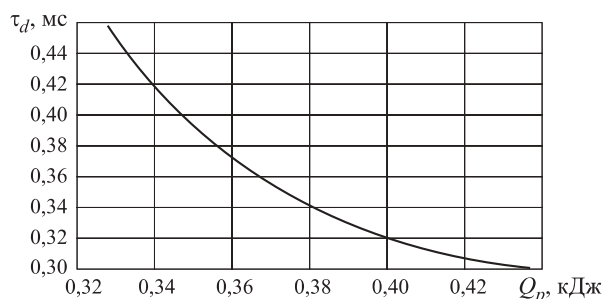


Рис. 2. Зависимость времени задержки зажигания топлива от теплосодержания металлической частицы Q_p при $R_p = Z_p = 3$ мм, $Z_c = 5,5$ мм

ров источника R_p и Z_p не приводит к существенному изменению интегральных характеристик зажигания, а определяющую роль играет температура частицы T_p . Так, например, приведенная на рис. 2 зависимость $\tau_d = f(Q_p)$ получена при варьировании температуры T_p от 1050 до 1400 К ($R_p = Z_p = 3$ мм). При изменении Q_p в диапазоне, соответствующем рис. 2, за счет варьирования размеров источника нагрева при $T_p = \text{const}$ значения τ_d меняются в пределах 5 %. Этот результат показывает, что в случае локального нагрева гелеобразных конденсированных веществ зависимости $\tau_d = f(Q_p)$ не в полной мере отражают физическую связь характеристик процесса с условиями его реализации. При одном и том же теплосодержании частиц, но при разных температурах и размерах интегральные характеристики процесса (в частности, время τ_d) существенно различаются. Можно выделить некоторые минимальные размеры частицы ($R_p = Z_p = 1,5$ мм), при превышении которых значения τ_d практически не изменяются. В условиях незначительного влияния размеров R_p и Z_p (при $R_p = Z_p > 1,5$ мм) определяющую роль играет зависимость $\tau_d = f(T_p)$.

Установленную закономерность можно объяснить спецификой эндотермических фазовых переходов (плавление и испарение), протекающих в приповерхностном слое гелеобразного топлива. Температура системы *гидразин – сжиженный кислород – желеобразные примеси* в исходном состоянии близка к криогенной (около 90 К) [14–16]. При прогреве приповерхностного слоя топлива за счет энергии частицы в очень тонком слое реализуются условия плавления. Тепловой эффект плавления системы *гидразин – сжиженный кислород* достаточно высок — $3,95 \cdot 10^5$ Дж/кг. Это приводит к заметному снижению температуры частицы вблизи границы фазового перехода относительно ее начального значения T_p и уменьшению глубины прогрева топлива. При достижении температур, достаточных для испарения окислителя и горючего, происходит парообразование. Эти эндотермические фазовые переходы характеризуются значениями теплоты парообразования

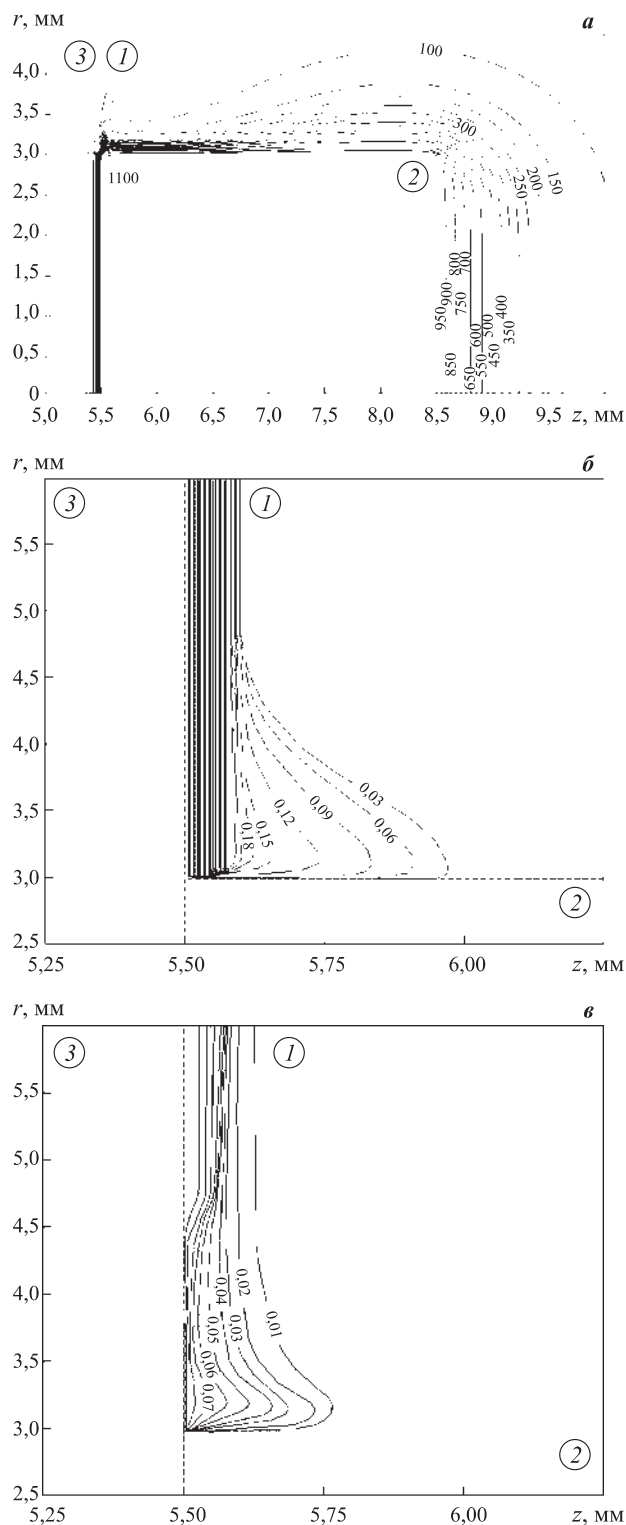


Рис. 3. Изотермы (а), изолинии концентраций окислителя (б) и изолинии концентраций горючего (в) в момент воспламенения ($\tau_d = 0,46$ мс) при $T_p = 1050$ К, $R_p = Z_p = 3$ мм, $Z_c = 5,5$ мм

$((1,4 \div 2) \cdot 10^6$ Дж/кг), существенно превышающими теплоту плавления, поэтому падение температуры частицы на границе с топливом становится еще более значительным относительно ее начального значения T_p . Глубина прогрева топлива при этом увеличивается несущественно, и, как следствие, меньше

энергии, аккумулированной в частице, сохраняется для прогрева смеси продуктов парообразования окислителя и горючего. Установлено, что при $T_p < 1000$ К металлические частицы достаточно интенсивно остывают и ускорения реакции окисления продуктов парообразования не наблюдается. Для типичных жидких топлив (бензин, керосин, мазут, дизельное топливо) условия зажигания при идентичных внешних условиях реализуются и при $T_p = 950$ К [5, 7, 10].

Установлено также, что в отличие от жидких топлив при нагреве приповерхностного слоя гелеобразного топлива источником ограниченной энергоемкости зона ведущей реакции окисления формируется в малой окрестности основания частицы и границы вдува продуктов парообразования. Это обусловлено и значительным расходом энергии источника нагрева на эндотермические фазовые переходы (плавление, испарение). Так, например, на рис. 3,а показаны изотермы в рассматриваемой системе (см. рис. 1) в момент воспламенения при $T_p = 1050$ К и $R_p = Z_p = 3$ мм. Видно, что инертный газ прогревается существенно быстрее, чем поступающие с поверхности топлива компоненты горючего и окислителя. Между зонами интенсивной реакции окисления ($z \rightarrow z_1$) и прогретого газа ($z \rightarrow z_2$) имеются участки ($z_1 < z < z_2$) несколько пониженной температуры (см. рис. 3,а). Формирование таких областей можно объяснить тем, что при остывании частицы снижается интенсивность прогрева смеси инертного газа с продуктами парообразования. Рост температуры парогазовой смеси вблизи основания частицы при $\tau \rightarrow \tau_d$ (см. рис. 3,а) можно объяснить тепловыделением при ускорении реакции окисления.

Численный анализ, выполненный с использованием математической модели (1)–(8), показал, что концентрация окислителя C_o в окрестности поверхности топлива растет в несколько раз быстрее, чем концентрация горючего C_f . Это обусловлено значительным различием скоростей испарения гидразина и сжиженного кислорода [14–16]. Вследствие этого реакция окисления ускоряется при высоких значениях C_o и умеренных значениях C_f (рис. 3,б,в). Отсюда можно сделать вывод, что скорость вдува паров горючего главным образом определяет инерционность процесса зажигания формирующейся парогазовой смеси.

Следует отметить, что время задержки зажигания (см. рис. 2) гелеобразной структуры существенно меньше данного показателя для жидких и твердых конденсированных веществ [1–7]. В первую очередь, это можно объяснить меньшей энергией активации реакции окисления E для системы *гидразин – сжиженный кислород* по сравнению с жидкими и твердыми топливными композициями [1–7]. Во-вторых, в отличие от жидких топлив для реализации условий воспламенения гелеобразного горю-

чего достаточно обеспечить меньший приток горючего (см. рис. 3,в) в газовую фазу. Однако условия зажигания реализуются при существенно больших температурах (см. рис. 3,а).

Установленные значения концентраций горючего C_f и окислителя C_o (см. рис. 3), достаточные для зажигания, и малые значения τ_d ($\tau_d \ll 1$ с) свидетельствуют о высокой пожарной опасности даже при локальном нагреве гелеобразных топлив, несмотря на криогенные условия их хранения. Диапазоны изменения температур и размеров модельного источника нагрева — металлической частицы соответствуют реальным, получаемым при проведении ряда технологических процессов (сварка, резка, шлифование металлов и т. д.). Поэтому вероятность формирования локальных очагов возгораний гелеобразных топливных композиций очень высока и сопоставима с жидкими горючими и легковоспламеняющимися веществами.

Закключение

Выполненные численные исследования показали, что размеры локального источника нагрева —

металлической частицы оказывают на условия зажигания гелеобразных топливных композиций в отличие от твердых и жидких конденсированных веществ [1–7] существенно меньшее влияние. Основную роль здесь играет температура источника энергии, что обусловлено значительными тепловыми эффектами эндотермических фазовых переходов в гелеобразных структурах.

Установленные небольшие характерные размеры прогретого приповерхностного слоя гелеобразного конденсированного вещества, малые значения времени задержки τ_d , положение зоны ведущей реакции окисления в малой окрестности границы фазового перехода, относительно небольшие концентрации окислителя и горючего, достаточные для возгорания, свидетельствуют о высокой пожарной опасности, сопоставимой с данной характеристикой для ранее исследованных твердых и жидких топлив [1–7].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 12-08-33002).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов Г. В., Мамонтов Г. Я., Таратушкина Г. В. Зажигание конденсированного вещества частицей // Химическая физика. — 2004. — Т. 23, № 3. — С. 67–72.
2. Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Воспламенение пожароопасной жидкости одиночной “горячей” частицей // Пожаровзрывобезопасность. — 2007. — Т. 16, № 6. — С. 13–20.
3. Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Особенности зажигания парогазовой смеси нагретой до высоких температур металлической частицей // Пожаровзрывобезопасность. — 2008. — Т. 17, № 3. — С. 26–32.
4. Буркина Р. С., Микова Е. А. Высокотемпературное зажигание реакционноспособного вещества горячей инертной частицей с конечным запасом тепла // Физика горения и взрыва. — 2009. — Т. 45, № 2. — С. 40–47.
5. Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Transient heat and mass transfer at the ignition of vapor and gas mixture by a moving hot particle // International Journal of Heat and Mass Transfer. — 2010. — Vol. 53, No. 5–6. — P. 923–930.
6. Глушков Д. О., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Численное моделирование твердофазного зажигания металлизированного конденсированного вещества нагретой до высоких температур частицей // Химическая физика. — 2011. — Т. 30, № 12. — С. 35–41.
7. Высокоморная О. В., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Численное моделирование особенностей теплопереноса при зажигании жидкого конденсированного вещества лазером // Тепловые процессы в технике. — 2011. — № 3. — С. 113–117.
8. Захаревич А. В., Максимов В. И., Кузнецов Г. В. Зажигание модельных смесевых топливных композиций одиночной, нагретой до высоких температур частицей // Физика горения и взрыва. — 2008. — Т. 44, № 5. — С. 54–57.
9. Захаревич А. В., Кузнецов Г. В., Максимов В. И., Панин В. Ф., Равдин Д. С. Оценка пожарной опасности мазута в условиях перегрузки, хранения и транспорта на тепловых электрических станциях // Известия Томского политехнического университета. — 2008. — Т. 312, № 3. — С. 30–33.
10. Захаревич А. В., Стрижак П. А. Пожарная опасность взаимодействия источников ограниченного теплосодержания с легковоспламеняющимися жидкостями // Пожарная безопасность. — 2011. — № 4. — С. 70–75.

11. Захареви́ч А. В., Бара́новский Н. В., Стри́жак П. А. Экспериментальное исследование процессов зажигания нагретой частицей биологически трансформированного опада лиственных пород // Бутлеровские сообщения. — 2012. — Т. 32, № 13. — С. 95–99.
12. Кузнецов Г. В., Стри́жак П. А. О возможности использования одномерной модели при численном анализе процесса зажигания жидкого конденсированного вещества одиночной нагретой частицей // Физика горения и взрыва. — 2010. — Т. 46, № 6. — С. 78–85.
13. Стри́жак П. А. Упрощенная постановка задачи зажигания горючих и легковоспламеняющихся жидкостей источником ограниченной емкости // Пожарная безопасность. — 2011. — № 3. — С. 44–49.
14. Audrieth L. F., Ogg B. A. The chemistry of hydrazine. — New York, 1951. — 234 p.
15. Паушкин Я. М., Чулков А. З. Ракетные топлива. — М. : Мир, 1975. — 188 с.
16. Пат. RU 2309140. МПК C06D 5/10, C06B 47/04. Способ получения гелеобразного ракетного монотоплива / Валиев Б. Г., Дремин Ю. Л., Кравченко С. Н., Лопатин В. М. — Заявл. 24.02.2005 г.; опубл. 27.10.2007 г., Бюл. № 30.
17. Кузнецов Г. В., Глушков Д. О., Стри́жак П. А. Влияние формы локального источника энергии на условия зажигания структурно-неоднородного твердого конденсированного вещества // Химическая физика и мезоскопия. — 2012. — Т. 14, № 3. — С. 334–341.
18. Кузнецов Г. В., Стри́жак П. А. Влияние формы нагретой до высоких температур частицы на газофазное зажигание пленки жидкого конденсированного вещества // Химическая физика. — 2010. — Т. 29, № 3. — С. 1–8.
19. Кондратьев В. Н., Никитин Е. Е. Константы скорости газофазных реакций : справочник. — М. : Наука, 1971. — 351 с.
20. Кондратьев В. Н., Никитин Е. Е. Кинетика и механизм газофазных реакций. — М. : Наука, 1974. — 558 с.
21. Высокоморная О. В., Кузнецов Г. В., Стри́жак П. А. Моделирование зажигания жидкого топлива локальным источником нагрева в условиях выгорания жидкости // Химическая физика. — 2011. — Т. 30, № 8. — С. 62–67.
22. Кузнецов Г. В., Стри́жак П. А. Зажигание накаленной одиночной частицей жидких углеводородных топлив // Известия Томского политехнического университета. — 2008. — Т. 312, № 4. — С. 5–9.
23. Vilyunov V. N., Zarko V. E. Ignition of solids. — Amsterdam : Elsevier Science Publishers, 1989. — 442 p.
24. Пасконов В. М., Полежаев В. И., Чудов Л. А. Численное моделирование процессов тепло- и массообмена. — М. : Наука, 1984. — 277 с.
25. Франк-Каменецкий Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. — М. : Наука, 1987. — 490 с.
26. Лойцанский Л. Г. Механика жидкости и газа. — М. : Наука, 1970. — 904 с.
27. Муратова Т. М., Лабунцов Д. А. Кинетический анализ процессов испарения и конденсации // Теплофизика высоких температур. — 1969. — Т. 7, № 5. — С. 959–967.
28. Кнаке О., Странский И. Н. Механизм испарения // Успехи физических наук. — 1959. — Т. 68, № 2. — С. 261–305.
29. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена. — М. : Атомиздат, 1979. — 416 с.
30. Щетинков Е. С. Физика горения газов. — М. : Наука, 1965. — 739 с.
31. Греков А. П., Веселов В. Я. Физическая химия гидразина. — Киев : Наукова думка, 1979. — 263 с.
32. Коровин Н. В. Гидразин. — М. : Химия, 1980. — 272 с.
33. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. — М. : ООО “Старс”, 2006. — 720 с.
34. Теплотехнический справочник / Под ред. В. Н. Юренева, П. Д. Лебедева. — М. : Энергия, 1975. — Т. 1. — 743 с.
35. Теплотехнический справочник / Под ред. В. Н. Юренева, П. Д. Лебедева. — М. : Энергия, 1975. — Т. 2. — 896 с.
36. Кузнецов Г. В., Стри́жак П. А. Зажигание конденсированных веществ при локальном нагреве. — Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2010. — 269 с.

Материал поступил в редакцию 15 марта 2013 г.

FEATURES OF GELLED FUEL IGNITION AT LOCAL HEATING

ZHDANOVA A. O., Student, Power Institute, National Research Tomsk Polytechnic University (Lenina Avenue, 30, Tomsk, 634050, Russian Federation; e-mail address: zhdanooova@mail.ru)

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

ABSTRACT

Results of numerical investigations of interrelated physical and chemical processes and phase exchanges (melting, evaporation) at ignition of typical gelled fuel *hydrazine – liquefied oxygen* by heating source with limited heat content — heated metal particle are presented. Estimation of influence for temperature and sizes of particle which determine heat content on the main ignition characteristics is carried out. Limited values of main parameters (temperature, sizes) of ignition source at the ignition is possible are established. The dependence of the ignition time delay from heat content of particles is determined.

Comparison of ignition conditions for gelled fuel at local heating with solid and liquid combustible substances is performed. It is shown that sizes of local heating source have significantly less impact in contrast to the solid and liquid condensed substances. Energy source temperature plays the main role. This is due to significant thermal effects endothermic phase exchanges in the gelled structure.

Establishing small characteristic dimensions of the layer warmed gelled condensed substance, small ignition time delay, the position of the area of the leading oxidation reaction in a small neighborhood of the phase exchange, relatively low oxidant and fuel concentrations which are sufficient for ignition indicate a high fire risk, comparable to the earlier studied solid and liquid fuels.

Keywords: fire danger; ignition; melting; evaporation; crystallization; oxidation; gelled fuel; heated metal particle.

REFERENCES

1. Kuznetsov G. V., Mamontov G. Ya., Taratushkina G. V. Zazhiganiye kondensirovannogo veshchestva chastitsey [Ignition of condensed substance by particle]. *Khimicheskaya fizika — Chemical Physics*, 2004, vol. 23, no. 3, pp. 67–72.
2. Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Vosplamneniye pozharoopasnoy zhidkosti odinochnoy “goryachey” chastitsey [Ignition of the fire-liquid by single “hot” particle]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2007, vol. 16, no. 6, pp. 13–20.
3. Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Osobennosti zazhiganiya parogazovoy smesi nagretoy do vysokikh temperatur metallicheskoj chastitsey [Features of vapor-gas mixture ignition by heated till high temperature metallic particle]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2008, vol. 17, no. 3, pp. 26–32.
4. Burkina R. S., Mikova E. A. Vysokotemperaturnoye zazhiganiye reaktsionnosposobnogo veshchestva goryachey inertnoy chastitsey s konechnym zapasom tepla [High-temperature ignition of a reactive substance by hot inert particles with a finite supply of heat]. *Fizika goreniya i vzryva — Physics of Combustion and Explosion*, 2009, vol. 45, no. 2, pp. 40–47.
5. Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Transient heat and mass transfer at the ignition of vapor and gas mixture by a moving hot particle. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2010, vol. 53, no. 5–6, pp. 923–930.
6. Glushkov D. O., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Chislennoye modelirovaniye tvyerdofaznogo zazhiganiya metallizirovannogo kondensirovannogo veshchestva nagretoy do vysokikh temperatur chastitsey [Numerical simulation of solid-plated ignition for metal condensed substance by heated till high temperatures particle]. *Khimicheskaya fizika — Chemical Physics*, 2011, vol. 30, no. 12, pp. 35–41.

7. Vysokomornaya O. V., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Chislennoye modelirovaniye osobennostey teplomassoperenosa pri zazhiganiy zhidkogo kondensirovannogo veshchestva lazerom [Numerical modeling of heat and mass transfer at the ignition of the liquid condensed substance by laser]. *Teplovyie protsessy v tekhnike — Thermal Processes in Engineering*, 2011, no. 3, pp. 113–117.
8. Zakharevich A. V., Maksimov V. I., Kuznetsov G. V. Zazhiganiye modelnykh smesevykh toplivnykh kompozitsiy odinochnoy nagretoy do vysokikh temperatur chastitsey [Ignition of model composite fuel compositions by single heated till high temperatures particle]. *Fizika goreniya i vzryva — Physics of Combustion and Explosion*, 2008, vol. 44, no. 5, pp. 54–57.
9. Zakharevich A. V., Kuznetsov G. V., Maksimov V. I., Panin V. F., Ravdin D. S. Otsenka pozharnoy opasnosti mazuta v usloviyakh peregruzki, khraneniya i transporta na teplovykh elektricheskikh stantsiyakh [Fire risk assessment in oil unloading, storage and transportation of thermal power stations]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta — Bulletin of Tomsk Polytechnic University*, 2008, vol. 312, no. 3, pp. 30–33.
10. Zakharevich A. V., Strizhak P. A. Pozharnaya opasnost vzaimodeystviya istochnikov ogranichennoy teplosoderzhaniya s legkovosplamenyayushchimisya zhidkostyami [Fire danger of interaction for limited sources of heat content and flammable liquids]. *Pozharnaya bezopasnost — Fire Safety*, 2011, no. 4, pp. 70–75.
11. Zakharevich A. V., Baranovskiy N. V., Strizhak P. A. Eksperimentalnoye issledovaniye protsessov zazhiganiya nagretoy chastitsey biologicheskii transformirovannogo opada listvennykh porod [Experimental investigation of the ignition for biologically transformed litter hardwood heated particle]. *Butlerovskiyey soobshcheniya — Butlerov Communications*, 2012, vol. 32, no. 13, pp. 95–99.
12. Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. O vozmozhnosti ispolzovaniya odnomernoy modeli pri chislennoy analize protsessazazhiganiya zhidkogo kondensirovannogo veshchestva odinochnoy nagretoy chastitsey [On the possibility of a one-dimensional model for the numerical analysis of the ignition process for liquid condensed substance by heated single particle]. *Fizika goreniya i vzryva — Physics of Combustion and Explosion*, 2010, vol. 46, no. 6, pp. 78–85.
13. Strizhak P. A. Uproshchennaya postanovka zadachi zazhiganiya goryuchikh i legkovosplamenyayushchikhsya zhidkostey istochnikom ogranichennoy energoyemkosti [Simplified formulation of the problem for ignition of combustible and flammable liquids by limited energy source]. *Pozharnaya bezopasnost — Fire Safety*, 2011, no. 3, pp. 44–49.
14. Audrieth L. F., Ogg B. A. *The chemistry of hydrazine*. New York, 1951. 234 p.
15. Paushkin Ya. M., Chulkov A. Z. *Raketnyye topliva* [Rocket fuels]. Moscow, Mir Publ., 2007. 188 p.
16. Valiev B. G., Dremine Yu. L., Kravchenko S. N., Lopatin V. M. *Sposob polucheniya geleobraznogo raketnogo monotopliva* [The way of producing for gel monopropellant rocket]. Patent RF, no. RU 2309140, 2007.
17. Kuznetsov G. V., Glushkov D. O., Strizhak P. A. Vliyaniye formy lokalnogo istochnika energii na usloviya zazhiganiya strukturno-neodnorodnogo tverdogo kondensirovannogo veshchestva [Effect of the local source of energy for ignition conditions of heterogeneous solid condensed matter]. *Khimicheskaya fizika i mezoskopiya — Chemical Physics and Mesoscopic*, 2012, vol. 14, no. 3, pp. 334–341.
18. Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Vliyaniye formy nagretoy do vysokikh temperatur chastitsy na gazo-faznoye zazhiganiye plynki zhidkogo kondensirovannogo veshchestva [Effect of the heated till high temperature gas-phase particles on the liquid film ignition of condensed matter]. *Khimicheskaya fizika — Chemical Physics*, 2010, vol. 29, no. 3, pp. 1–8.
19. Kondratyev V. N., Nikitin E. E. *Konstanty skorosti gazofaznykh reaktsiy: spravochnik* [The rate constants for gas-phase reactions: a guide]. Moscow, Nauka Publ., 1971. 351 p.
20. Kondratyev V. N., Nikitin E. E. *Kinetika i mekhanizm gazofaznykh reaktsiy* [Kinetics and mechanism of gas-phase reactions]. Moscow, Nauka Publ., 1974. 558 p.
21. Vysokomornaya O. V., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Modelirovaniye zazhiganiya zhidkogo topliva lokalnym istochnikom nagreva v usloviyakh vygoraniya zhidkosti [Modeling ignition of liquid fuel local heating source in a burning liquid]. *Khimicheskaya fizika — Chemical Physics*, 2011, vol. 30, no. 8, pp. 62–67.
22. Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Zazhiganiye nakalennoy odinochnoy chastitsey zhidkikh uglevodnorodnykh topliv [Ignition of liquid hydrocarbon fuels by heated single particle]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta — Bulletin of Tomsk Polytechnic University*, 2008, vol. 312, no. 4, pp. 5–9.
23. Vilyunov V. N., Zarko V. E. *Ignition of solids*. Amsterdam, Elsevier Science Publishers, 1989. 442 p.
24. Paskonov V. M., Polezhaev V. I., Chudov L. A. *Chislennoye modelirovaniye protsessov teplo- i masso-obmena* [Numerical modeling of heat and mass transfer]. Moscow, Nauka Publ., 1984. 277 p.

25. Frank-Kamenetskiy D. A. *Diffuziya i teploperedacha v khimicheskoy kinetike* [Diffusion and heat transfer in chemical kinetics]. Moscow, Nauka Publ., 1987. 490 p.
26. Loitsanskiy L. G. *Mekhanika zhidkosti i gaza* [Fluid and gas mechanics]. Moscow, Nauka Publ., 1984. 904 p.
27. Muratova T. M., Labuntsov D. A. Kineticheskiy analiz protsessov ispareniya i kondensatsii [Kinetic analysis of evaporation and condensation processes]. *Teplofizika vysokikh temperatur — Thermophysics of High Temperatures*, 1969, vol. 7, no. 5, pp. 959–967.
28. Knake O., Stranskiy I. N. Mekhanizm ispareniya [Evaporation mechanism]. *Uspekhi fizicheskikh nauk — Headway of Physical Sciences*, 1959, vol. 68, no. 2, pp. 261–305.
29. Kutateladze S. S. *Osnovy teorii teploobmena* [Foundations of the theory of heat transfer]. Moscow, Atomizdat Publ., 1979. 416 p.
30. Shchetnikov E. S. *Fizika gorennya gazov* [Physics of combustion gases]. Moscow, Nauka Publ., 1965. 739 p.
31. Grekov A. P., Veselov V. Ya. *Fizicheskaya khimiya gidrazina* [Physical chemistry of hydrazine]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1979. 263 p.
32. Korovin N. V. *Gidrazin* [Hydrazine]. Moscow, Khimiya Publ., 1980. 272 p.
33. Vargaftik N. B. *Spravochnik po teplofizicheskim svoystvam gazov i zhidkostey* [Reference for thermophysical properties of gases and liquids]. Moscow, Stars Publ., 2006. 720 p.
34. Yurenev V. N., Lebedev P. D. (eds.) *Teplotekhnicheskii spravochnik* [Thermophysical reference]. Moscow, Energiya Publ., 1975. Vol. 1, 743 p.
35. Yurenev V. N., Lebedev P. D. (eds.) *Teplotekhnicheskii spravochnik* [Thermophysical reference]. Moscow, Energiya Publ., 1975. Vol. 2, 896 p.
36. Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. *Zazhiganiye kondensirovannykh veshchestv pri lokalnom nagreve* [Ignition of condensed substances with local heating]. Novosibirsk, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2010. 269 p.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу

А. Я. Корольченко, Д. О. Загорский
КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ И ЗДАНИЙ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ
И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ. — М. : Пожнаука, 2010. — 118 с.



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

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

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

Д. В. ТРУШКИН, канд. техн. наук, доцент кафедры комплексной безопасности в строительстве Московского государственного строительного университета (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: trdmv@mail.ru)

УДК 691.001.4:006.354

ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ.

Часть 2. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ПО ОЦЕНКЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИНЯТЫХ В РОССИИ И СТРАНАХ ЕВРОСОЮЗА*.

Определение горючести строительных материалов

В первой половине статьи дан подробный сравнительный анализ российской и европейской классификационных систем по оценке горючести строительных материалов, а также методов испытаний, которые используются при проведении классификации. Проанализированы преимущества и недостатки каждой из классификационных систем. Проведена оценка возможности сопоставления результатов испытаний по российской и европейской методикам на основе анализа огневых моделей и используемых критериев оценки пожарной опасности.

Ключевые слова: пожарная опасность строительных материалов; классы пожарной опасности; классификационные показатели; стандартные методы испытаний; горючесть; воспламеняемость; опасные факторы пожара.

Введение

Целью проведения лабораторных испытаний строительных материалов (СМ) на пожарную опасность является получение необходимых данных для прогнозирования их поведения в условиях возникновения и развития реального пожара.

В аспекте обеспечения безопасной эвакуации людей в зданиях различного функционального назначения наибольший интерес представляет прогнозирование поведения СМ в начальной стадии пожара, особенно его способность образовывать дым, токсичные продукты сгорания, а также выделять тепло с такой скоростью, что это сможет создать условия для быстрого перехода пожара в развившуюся стадию (общая вспышка).

В настоящее время в мировой практике сложилась такая ситуация, что практически каждая развитая страна имеет собственные методологические подходы к оценке пожарной опасности строительных материалов, которые отражены, как правило, в национальных стандартах. Процесс унификации методов испытаний, применяемых в разных странах, идет достаточно медленно. В настоящее время в данном направлении значительно продвинулись страны Европейского Союза, разработавшие систе-

му межгосударственных стандартов EN (European Norms), называемых в нашей стране “евростандартами”.

Ввиду того что в связи со вступлением во Всемирную торговую организацию в нашей стране в политике технического регулирования принят курс на гармонизацию отечественных стандартов со стандартами других стран, несомненный интерес представляет исследование степени соответствия российской методологии испытаний СМ на пожарную опасность европейской в аспекте возможности сопоставления результатов испытаний без проведения дополнительных исследований.

В настоящей статье дан подробный сравнительный анализ классификационных параметров, определяемых в испытаниях по российским и европейским стандартным методикам с целью оценки основных пожарно-технических характеристик: горючести, воспламеняемости, способности к распространению пламени, дымообразующей способности и токсичности продуктов горения.

1. Классификация негорючих строительных материалов

Горючесть СМ является важной пожарно-технической характеристикой, характеризующей способность СМ к самостоятельному горению как при наличии, так и при отсутствии внешнего теплового

* Продолжение. Начало см. в журнале “Пожаровзрывобезопасность”, № 12 за 2012 г.

потока. Ввиду того что горение является экзотермической химической реакцией, горючесть тесно связана с тепловыделением СМ, т. е. со способностью СМ выделять дополнительное тепло, превышающее теплоту, подводимую от внешнего теплового источника.

Несмотря на наличие в российской [2] и европейской [3] методологиях методик испытаний, основанных на одном и том же международном стандарте ISO 1182 [1], принципы классификации негорючих СМ в России и странах Евросоюза имеют существенные различия.

Европейская методология испытаний позволяет выделить среди негорючих материалов классы абсолютно негорючих (A1) и практически негорючих материалов (A2). К классу A1 относятся СМ, которые не вносят вклада в развитие пожара (*fire growth*) и не участвуют в процессе горения на стадии полностью развитого пожара (*fully developed fire*). К классу A2 относятся СМ, которые не вносят значительного вклада в процесс развития пожара, а также сколько-либо существенного вклада в пожарную нагрузку в условиях полностью развитого пожара.

Наиболее существенным отличием европейской классификационной системы от российской является то, что она дает возможность подразделять на классы (A1 и A2) не только однородные СМ, которые состоят из одного вещества или равномерно рас-

пределенной смеси различных веществ, но и слоистые материалы, которые изготавливаются из двух и более слоев однородных материалов. При этом классы A1 и A2 могут быть присвоены не только каждому из однородных слоев, но и всему неоднородному (слоистому) материалу в целом, что не предусмотрено в российской методике испытаний по ГОСТ 30244–94 (метод I) [2].

Данное противоречие в настоящее время является довольно серьезной проблемой при попытке подтверждения в России класса горючести слоистых СМ, которые относятся по пожарной опасности к классам A1 и A2 и в которых имеются основной негорючий (составляющий наибольшую массу материала) и неосновной (с незначительной массой) горючий компоненты. К таким СМ относятся, например, металлические отделочные панели с порошковой окраской, а также СМ, имеющие внешние поверхности, изготовленные из негорючих материалов с внутренней прослойкой из слабогорючих материалов. В качестве примера таких СМ можно назвать некоторые типы алюминиевых композитных панелей.

В странах Евросоюза оценка горючести как для каждого однородного слоя, так и для всей слоистой конструкции в целом проводится по методу EN ISO 1716 [3]. При этом в испытываемом образце выде-

Таблица 1. Классификационные параметры, используемые в России и Европе для определения классов негорючих СМ

Страна	Метод испытания	Классификационные параметры	Класс пожарной опасности
Россия	ГОСТ 30244–94 [2] (метод I)	Прирост температуры в печи ΔT , °C; потеря массы образца Δm , %; длительность устойчивого пламенного горения t_f , с	КМ0
Евросоюз	EN ISO 1182 [4]	Прирост температуры в печи ΔT , °C; потеря массы образца Δm , %; длительность устойчивого пламенного горения t_f , с	A1, A2
	EN ISO 1716 [3]	Высшая теплота сгорания PCS, МДж/кг или МДж/м ² : а) для неоднородного изделия в целом — PCS_{total} , МДж/кг: $PCS_{total} = \sum_{i=1}^N PCS_i$, где PCS_i — высшая теплота сгорания каждого однородного i -го слоя, МДж/кг; б) для однородных материалов и для каждого основного компонента неоднородного материала — PCS_{sub} , МДж/кг; в) для каждого наружного неосновного компонента неоднородного материала — PCS_{ext} , МДж/кг или МДж/м ² ; г) для каждого внутреннего неосновного компонента неоднородного материала — PCS_{int} , МДж/м ²	A1, A2
	EN 13823 [5]	FIGRA*, Вт/с; LFS; THR _{600s} , МДж	A2

* FIGRA — максимальное значение отношения коэффициента выделения тепла образцом к соответствующему моменту времени (значение, характеризующее возможность развития пожара).

LFS (*lateral flame spread*) — боковое распространение пламени.

THR_{600s} (*total heat release*) — суммарное выделенное тепло образцов за 600 с с момента начала огневого воздействия на образец.

ляются следующие компоненты, способные оказывать существенное влияние на возможность возникновения и развитие пожара:

- основной компонент (*substantial component*) — материал, который составляет основную часть неоднородного изделия и образует слой, имеющий поверхностную плотность $1,0 \text{ кг/м}^2$ и более или толщину $1,0 \text{ мм}$ и более;
- неосновой компонент (*non-substantial component*) — материал, который не составляет основную часть неоднородного изделия и образует слой, имеющий поверхностную плотность менее $1,0 \text{ кг/м}^2$ или толщину менее $1,0 \text{ мм}$.

П р и м е ч а н и е . Два или более неосновных компонентов, смежных друг с другом (т. е. без одного или нескольких основных компонентов между слоями), рассматриваются в качестве одного неосновного компонента в том случае, если они вместе соответ-

ствуют требованиям, предъявляемым к материалам слоев, которые являются неосновными компонентами;

- внутренний неосновой компонент (*internal non-substantial component*) — неосновой компонент, который покрыт с обеих сторон минимум одним основным компонентом;
- наружный неосновой компонент (*external non-substantial component*) — неосновой компонент, который с одной стороны не покрыт основным компонентом.

В табл. 1 приведены классификационные параметры, которые используются в российской и европейской методологиях для выделения классов наименее пожароопасных СМ (КМ0 — в России и A1, A2 — в Европе).

В табл. 2 приведены критерии, предъявляемые к классификационным параметрам, которые исполь-

Таблица 2. Критерии, предъявляемые к классификационным параметрам в России и Европе, для отнесения строительных материалов к классам негорючих

Страна	Класс пожарной опасности	Классификационные требования	Примечания
Россия	КМ0	$\Delta T \leq 50 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta m \leq 50 \text{ \%}$; $t_f \leq 10 \text{ с}$	—
Евро-союз	A1	1. Однородный СМ: $\Delta T \leq 30 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta m \leq 50 \text{ \%}$; $t_f = 0 \text{ с}$; $\text{PCS}_{\text{sub}} \leq 2,0 \text{ МДж/кг}$. 2. Неоднородный СМ: а) каждый основной компонент: $\Delta T \leq 30 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta m \leq 50 \text{ \%}$; $t_f = 0 \text{ с}$; $\text{PCS}_{\text{sub}} \leq 2,0 \text{ МДж/кг}$; б) все остальные компоненты: • $\text{PCS}_{\text{exp}} \leq 2,0 \text{ МДж/кг}$. П р и м е ч а н и е . Допускается $\text{PCS}_{\text{ext}} \leq 2,0 \text{ МДж/м}^2$ при условии, что наружный неосновой компонент при испытаниях по EN 13823 [5] будет одновременно соответствовать следующим требованиям: $\text{FIGRA} \leq 20 \text{ Вт/с}$; $\text{LFS} < \text{наружной кромки образца}$; $\text{THR}_{600\text{s}} \leq 4,0 \text{ МДж}$; $s1$; $d0$; • $\text{PCS}_{\text{int}} \leq 1,4 \text{ МДж/м}^2$; в) весь неоднородный СМ: $\text{PCS}_{\text{total}} \leq 2,0 \text{ МДж/кг}$	Для отнесения строительного материала к классу A1 требуется одновременное проведение испытаний как по методу [4], так и по методу [3]
	A2	$\Delta T \leq 50 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta m \leq 50 \text{ \%}$; $t_f \leq 20 \text{ с}$ (по методике [4]); $\text{PCS}_{\text{sub}} \leq 3,0 \text{ МДж/кг}$; $\text{PCS}_{\text{ext}} \leq 4,0 \text{ МДж/м}^2$; $\text{PCS}_{\text{int}} \leq 4,0 \text{ МДж/м}^2$; $\text{PCS}_{\text{total}} \leq 3,0 \text{ МДж/кг}$ (по методике [4]); $\text{FIGRA} \leq 120 \text{ Вт/с}$; $\text{LFS} < \text{наружной кромки образца}$; $\text{THR}_{600\text{s}} \leq 7,5 \text{ МДж}$	Для отнесения строительного материала к классу A2, так же как и к классу A1, требуется проведение испытаний по двум различным методикам, но первой методикой уже является [4] или [3], а второй — EN 13823 (метод SBI) [5]. В методе SBI испытывается вся слоистая конструкция целиком при одностороннем огневом воздействии на внешнюю поверхность образца. Если конструкция несимметрична, то огневому воздействию подвергается каждая из ее внешних поверхностей. При выборе между методиками [4] или [3] руководствуются конструктивными особенностями испытываемого образца: если образец однородный, то, как правило, используют [4], если слоистый — [3]

* Обозначения классификационных параметров, принятые в табл. 2, соответствуют указанным в табл. 1.

зуются в российской и европейской методологиях для выделения классов наименее пожароопасных строительных материалов.

Как следует из данных, приведенных в табл. 1 и 2, при определении наименее пожароопасных классов (A1 и A2) по европейской методологии требуется обязательное проведение испытаний по двум раз-

личным методикам. Это, безусловно, является ее существенным преимуществом перед российской методологией испытаний, так как позволяет не только более надежно выделять группы наиболее пожаро-безопасных СМ, но и существенно расширить перечень СМ, для которых возможно определение принадлежности к группе негорючих, поскольку в этом

Таблица 3. Классификационные параметры, используемые в России и Евросоюзе для определения горючести строительных материалов

Метод испытания	Классификационные параметры	Класс пожарной опасности
Россия, ГОСТ 30244–94 [2] (метод II)	Температура дымовых газов $T_{\max}$, °C; время самостоятельного горения $t_{c,r}$, с; степень повреждения по массе (потеря массы образца) S_m , %; степень повреждения по длине S_L , %	КМ1, КМ2, КМ3, КМ4, КМ5
Евросоюз, EN 13823 [5]	1. FIGRA, Вт/с. Рассчитываются два значения FIGRA: а) $FIGRA_{0,2MJ}$ — для всех значений t при $HRR_{av}(t) > 3$ кВт; $THR(t) > 0,2$ МДж; $300 \text{ с} < t \leq 1500 \text{ с}$; б) $FIGRA_{0,4MJ}$ — для всех значений t при $HRR_{av}(t) > 3$ кВт; $THR(t) > 0,4$ МДж; $300 \text{ с} < t \leq 1500 \text{ с}$; $FIGRA = 1000 \max \left(\frac{HRR_{av}(t)}{t - 300} \right)$, где $HRR_{av}(t)$ — усредненное значение $HRR(t)$. Примечание. Начиная со времени испытания $t = 315$ с усреднение производится на интервале $[t - 15, t + 15]$; $HRR(t)$ (<i>heat release rate</i>) — скорость выделения теплоты образцов, кВт; $HRR(t) = 17200 V_{298}(t) x_{a-O_2} \left(\frac{\varphi(t)}{1 + 0,105\varphi(t)} \right) - HRR_{гор}$; $V_{298}(t)$ — объемный поток вытяжной системы, приведенный к 298 К, м³/с; x_{a-O_2} — молекулярное содержание кислорода в окружающем воздухе, включая водяной пар; $\varphi(t)$ — коэффициент расхода кислорода: $\varphi(t) = \frac{\bar{x}O_2(30..90)(1 - xCO_2(t)) - xO_2(t)(1 - \bar{x}CO_2(30..90))}{\bar{x}O_2(30..90)(1 - xCO_2(t)) - xO_2(t)}$; $\bar{x}O_2(30..90)$ — усредненное значение концентрации кислорода в окружающем воздухе, зафиксированное в промежутке времени от 30 до 90 с с момента начала испытания, % (об.); $\bar{x}CO_2(30..90)$ — усредненное значение концентрации диоксида углерода в окружающем воздухе, зафиксированное в промежутке времени от 30 до 90 с с момента начала испытания, % (об.); $xO_2(t)$ — концентрация кислорода на измерительном участке вытяжной системы в момент времени t с момента начала испытания, % (об.); $xCO_2(t)$ — концентрация диоксида углерода на измерительном участке вытяжной системы в момент времени t с момента начала испытания, % (об.); $HRR_{гор}$ — средняя скорость выделения теплоты газовой горелкой, кВт; $HRR_{гор} = (30,7 \pm 2,0)$ кВт. 2. THR_{600s}, МДж: $THR(t_a) = \frac{3}{1000} \sum_{300}^{t_a} (\max[HRR(t), 0])$. Примечания: 1. Коэффициент 3 применен потому, что измерения осуществляются через каждые 3 с. 2. $THR(t_a = 900) = THR_{600s}$. 3. LFS регистрируется на более широком фрагменте образца, имеющем размеры ширина × высота = 1000 × 1500 мм. Критерием для LFS является достижение или недостижение внешней кромки более широкого фрагмента образца на высоте от 500 до 1000 мм от источника зажигания; при этом постоянное пламенное горение на поверхности образца во время испытания должно продолжаться не менее 5 с	В, С, D, E

случае можно проводить испытания как слоистых, так и однородных СМ.

Отсутствие в российской методологии для определения пожарной опасности СМ метода, аналогичного приведенному в [3], не только обуславливает невозможность классификации неоднородных слоистых материалов как негорючих, даже если горючим является неосновной компонент, но и может привести к необъективной оценке степени горючести однородных строительных материалов. Для последних в условиях испытаний по [2] (метод I) наблюдается превышение температуры в печи не более чем на 50 °С, в то время как температура внутри образца может быть превышена более чем на 50 °С, что часто наблюдается у образцов минераловатных теплоизоляционных материалов высокой плотности с органическим связующим. Значительное превышение температуры в центре образца во время испытаний на горючесть свидетельствует о том, что СМ может выделять дополнительное тепло, что при на-

личии в конструкции СМ, способных его аккумулировать, может привести к самостоятельному распространению горения внутри материала, несмотря на то что превышение температуры в самой печи (классификационный показатель) остается в допустимых пределах ($\Delta T \leq 50$ °С).

В европейской методологии возможность такой ошибки исключается обязательным дублированием испытаний материала по двум различным методикам; при этом в одной из методик обязательно определяется реальное тепловыделение с единицы массы или площади поверхности образца.

Таким образом, анализ двух классификационных подходов к оценке горючести негорючих СМ показывает, что возникают трудности при попытке определить, соответствует ли российский класс пожарной опасности КМ0 (НГ) классу пожарной опасности А1, а также имеется ли основание не признавать соответствие классов пожарной опасности А1 и А2 российскому классу пожарной опасности КМ0.

Таблица. 4. Сопоставление классификационных параметров, используемых в России и странах Евросоюза для определения горючести строительных материалов

Классификационный параметр		Характерные методологические отличия
ГОСТ 30244–94 [2] (Россия)	EN 13823 (SBI) [5] (Европа)	
$T_{\max}$, °С	HRR(t), кВт; THR(t), МДж; FIGRA, Вт/с	В [2] не учитываются время достижения максимальной температуры дымовых газов и максимальная скорость нарастания их температуры во время испытания, не контролируется выделение CO ₂ , потребление O ₂ и объемный поток вытяжной системы, что не позволяет по параметру $T_{\max}$ оценить количество выделившегося тепла и интенсивность тепловыделения [9]
S_m , %	Аналогичный параметр отсутствует	Потеря массы образцов в [5] не определяется; полнота горения образцов учитывается при контроле потребления кислорода воздуха на горение и образования высшего оксида CO ₂ на основе расчета количества выделившегося в процессе испытаний тепла
S_L , %	LFS	В отличие от параметра S_L в параметре LFS учитывается только боковое распространение пламени, обусловленное не образованием вертикального высокотемпературного конвективного потока от продуктов сгорания газовой горелки по предварительно прогретой поверхности, а в большей степени теплом, выделяющимся при распространении фронта пламени по поверхности материала
$t_{c,r}$, с	Аналогичный параметр отсутствует	Аналогичного $t_{c,r}$ параметра в [5] нет. Длительность самостоятельного горения образца в [5] не учитывается; испытание прекращается не ранее чем через 1 мин после полного затухания горения образца
Образование расплава	Наличие или отсутствие падающих капель или частиц	Требования к образованию капель расплава в [2] являются более жесткими. В [2] учитывается только наличие горящего или негорящего расплава без учета места и причины процесса: в результате огневого воздействия на образец, т. е. в зоне пламени горелки, или в результате распространения горения по образцу. При этом длительность горения образующихся горящих капель и их воспламеняющая способность в [2] не учитываются. В [5] регистрируется образование горящих капель только в течение первых 600 с с момента начала огневого воздействия и только тогда, когда капли падают вне зоны воздействия горелки; при этом фиксируется также время горения образующихся горящих капель. Для исключения вытекания расплавленного материала непосредственно из зоны воздействия газовой горелки в конструкции швеллерного профиля рамы предусматриваются вертикальные замки. Кроме регистрации горящего расплава, в методе [5] критериальным является также образование горящих частиц (обломков) материала

2. Классификация горючих строительных материалов

По сравнению с негорючими СМ для горючих материалов установить соответствие между российскими классами пожарной опасности (КМ1, КМ2, КМ3, КМ4 и КМ5) [6] и европейскими классами пожарной опасности (В, С, D, Е и F) [7] является задачей еще более сложной, в первую очередь из-за существенного отличия принятых методологических подходов и критериев оценки пожарной опасности таких СМ.

В табл. 3 приведены классификационные параметры, которые используются в российской и европейской методологиях для определения горючести СМ, в табл. 4 — результаты сопоставления класси-

фикационных параметров, в табл. 5 — сравнение количественных критериев классификационных параметров.

Однако прежде рассмотрим основные классификационные параметры, применяемые в российской методологии:

1) *температура дымовых газов* $T_{\max}$ (°C) косвенным образом оценивает способность СМ выделять определенное количество тепла и является максимальным значением средней температуры дымовых газов (продуктов сгорания СМ и продуктов сгорания горючего газа в газовой горелке), достигнутой во время проведения испытаний, т. е. с момента начала огневого воздействия до полного прекращения горения образцов после отключения газовой горелки;

Таблица 5. Сравнение количественных критериев классификационных параметров в ГОСТ 30244–94 [2] (метод II) и EN 13823 [5], определяющих степень пожарной опасности СМ

Сравниваемые классификационные параметры		Оценка степени пожарной опасности СМ на основе количественных значений классификационных параметров	
ГОСТ 30244–94 (метод II) (Россия)	EN 13823 (SBI) (Европа)	ГОСТ 30244–94 (метод II) (Россия)	EN 13823 (SBI) (Европа)
$T_{\max}$, °C	HRR(t), кВт; THR(t), МДж; FIGRA, Вт/с	Г1 ($T_{\max} \leq 135$ °C) Г2 ($T_{\max} \leq 235$ °C) Г3 ($T_{\max} \leq 450$ °C) Г4 ($T_{\max} > 450$ °C)	В ($FIGRA_{0,2MJ} \leq 120$ Вт/с, $THR_{600s} \leq 7,5$ МДж); С ($FIGRA_{0,4MJ} \leq 250$ Вт/с, $THR_{600s} \leq 15$ МДж); Д ($FIGRA_{0,4MJ} \leq 750$ Вт/с, THR_{600s} не учитывается). Примечания: 1. При классификации СМ по классам В, С, D до проведения испытаний по [5] обязательным условием является прохождение образцом предварительных испытаний по EN ISO 11925–2 [10] (см. далее). 2. Для определения классов пожарной опасности А1 и Е метод [5] не применяется
S_m , %	Аналогичный классификационный параметр отсутствует	Г1 ($S_m \leq 20$ %) Г2, Г3 ($S_m \leq 50$ %) Г4 ($S_m > 50$ %)	Аналогичный классификационный параметр отсутствует
S_L , %	LFS	Г1 ($S_L \leq 65$ %) Г2 ($S_L \leq 85$ %) Г3 ($S_L > 85$ %) Г4 ($S_L > 85$ %)	В ($LFS < \text{кромки образца}$). Примечание. При условии соответствия параметров FIGRA и THR_{600s} и прохождения образцом предварительных испытаний по EN ISO 11925–2 [10]; С ($LFS < \text{кромки образца}$). Примечание. При условии соответствия параметров FIGRA и THR_{600s} и прохождения образцом предварительных испытаний по EN ISO 11925–2 [10]. Для определения классов пожарной опасности Д и Е параметр LFS не применяется
$t_{c,r}$, с	Аналогичный классификационный параметр отсутствует	Г1 ($t_{c,r} = 0$ с) Г2 ($t_{c,r} \leq 30$ с) Г3 ($t_{c,r} \leq 300$ с) Г4 ($t_{c,r} > 300$ с)	Аналогичный классификационный параметр отсутствует
Образование расплава	Наличие или отсутствие падающих капель и твердых частиц	Г1 и Г2 (не допускается наличие расплава (как горящего, так и негорящего)); Г3 (при наличии капель только негорящего расплава); Г4 (при наличии капель горящего расплава)	d0 (отсутствие падающих горящих капель/частиц в течение 600 с с момента начала испытания (огневого воздействия)); d1 (наличие падающих горящих капель/частиц вне зоны горелки с длительностью горения не более 10 с); d2 (не равно d0 и d1). Примечание. Воспламенение бумаги при испытаниях по EN ISO 11925–2 [10] означает отнесение материала к d2

2) *время самостоятельного горения* $t_{с.г}$ (с) определяет способность СМ самостоятельно поддерживать горение после отключения источника зажигания (газовой горелки). За критерий самостоятельного горения принимается только наличие открытого пламени или тления, при этом никак не оценивается количество тепла, выделяемое после прекращения огневого воздействия;

3) *степень повреждения по массе* (потеря массы образца) S_m (%) косвенным образом определяет способность материала к горению по количеству твердого материала, перешедшего за время испытания в газопарообразную фазу. Недостатком данного критерия является то, что в потере массы образца учитывается не только органическая составляющая, которая способна к участию в реакции горения, но и влага (особенно при отсутствии в методе требований к кондиционированию образцов перед проведением испытания), а также фрагменты испытываемого материала, оторвавшиеся (отколовшиеся) от образца в процессе испытаний, в том числе неспособные к самостоятельному горению [8]. В параметре S_m учитывается только разница между начальной массой образца и конечной массой образца, оставшегося в держателе после его полного остывания;

4) *степень повреждения по длине* S_L (%) определяет способность СМ к вертикальному распространению пламени по экспонируемой поверхности образца за пределы зоны непосредственного огневого воздействия (глубина повреждения поверхности образца в результате самостоятельного распространения фронта пламени). К недостаткам данного параметра относится то, что неповрежденной считают также ту часть образца, у которой наблюдалось изменение цвета, спекание, оплавление, вспучива-

ние, усадка и коробление, так как предполагается, что такие повреждения не могут произойти в результате распространения фронта пламени по поверхности. В то же время реальные наблюдения за экспонируемой поверхностью образца во время испытания позволяют утверждать, что при пробежке фронта пламени по поверхности (без возникновения в дальнейшем устойчивого горения) данные повреждения могут являться следствием самостоятельного распространения фронта пламени.

Выводы

Проведенный в первой половине статьи анализ российских и европейских методов испытаний строительных материалов на горючесть показывает, что классификационные параметры, определяемые в условиях стандартных испытаний по двум различным методологиям, имеют принципиальные различия, за исключением испытаний по ГОСТ 30244–94 (метод I) [2] и EN ISO 1182 [4].

Существенным образом различаются не только конструктивные исполнения российских и европейских испытательных установок, но и принципы выбора критериальных значений классификационных параметров, устанавливающих степень пожарной опасности СМ.

Все это дает основание утверждать, что установить объективные зависимости между российскими и европейскими классами пожарной опасности без проведения дополнительных испытаний как для европейских СМ в России, так и для российских СМ в странах Евросоюза является весьма сложной технической задачей, без решения которой возникает серьезная проблема взаимного признания результатов по определению пожарной опасности СМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ISO 1182. Reaction to fire tests for products — Non-combustibility test. URL : <http://www.iso.org> (дата обращения: 05.12.2013 г.).
2. ГОСТ 30244–94. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть. — Введ. 01.01.96 г. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 1996; Стандартинформ, 2006, 2008.
3. EN ISO 1716:2010. Reaction to fire tests for products — Determination of the gross heat of combustion (calorific value). URL : <http://www.en-standard.eu> (дата обращения: 05.12.2013 г.).
4. EN ISO 1182:2010. Reaction to fire tests for products — Non-combustibility test. URL : <http://www.en-standard.eu> ((дата обращения: 05.12.2013 г.).
5. EN 13823:2010. Reaction to fire tests for building products. Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item. URL : <http://www.en-standard.eu> ((дата обращения: 05.12.2013 г.).
6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (в редакции ФЗ № 117-ФЗ от 10.07.2012 г.) : 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.
7. EN 13501-1:2007. Fire classification of construction products and building elements — Part 1: Classification using data from reaction to fire tests. URL : <http://www.en-standard.eu> (дата обращения: 05.12.2013 г.).
8. Трушкин Д. В., Аксенов И. М. Проблемы определения горючести строительных материалов // Пожаровзрывобезопасность. — 2001. — Т. 10, № 4. — С. 3–8.

9. Трушкин Д. В. Оценка пожарной опасности строительных материалов на основе анализа динамических характеристик. I. Оценка горючести и дымообразующей способности // Пожаровзрывобезопасность. — 2002. — Т. 11, № 6. — С. 32–37.
10. EN ISO 11925-2:2010. Reaction to fire tests — Ignitability of products subjected to direct impingement of flame — Part 2: Single-flame source test. URL : <http://www.en-standard.eu> (дата обращения: 05.12.2013 г.).

Материал поступил в редакцию 11 декабря 2013 г.

Продолжение следует

English

PROBLEMS OF CLASSIFICATION OF CONSTRUCTION MATERIALS ON FIRE HAZARD.

Part 2. COMPARATIVE ANALYSIS OF EXPERIMENTAL METHODS FOR FIRE HAZARD ASSESSMENT OF CONSTRUCTION MATERIALS ACCEPTED IN RUSSIA AND THE EUROPEAN UNION COUNTRIES.

Determination of combustibility for construction materials

TRUSHKIN D. V., Candidate of Technical Sciences, Associated Professor of Department of Complex Safety in Construction, Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail address: trdmv@mail.ru)

ABSTRACT

The serious problem which limits a possibility to use of import construction materials (CM) in buildings with various functional purposes is mutual recognition of fire hazard test results for CM between the various countries.

At present time in world practice there is such situation that each developed country has own methodological approaches to an assessment of fire hazard of the construction materials, accepted as national standards.

International Standard Organization (ISO) makes many attempts to unification of methodological approaches for assessment of fire hazard of construction materials by means of development of the international standards. This activity undoubtedly has results, so many of the countries develop its national standards on the basis of ISO, but this activity has no system character and goes rather slowly.

Now in the course of unification of test methods the countries of the European Union which have developed system of the interstate EN standards (European Norms) most promoted.

In this regard undoubted interest represents research of degree of compliance of the Russian and European methodologies of tests of CM on fire danger in aspect of possibility of comparison of test results without carrying out additional researches.

In the first part of this paper the detailed comparative analysis of the classification parameters determined in the Russian and European standard tests for an assessment of combustibility is carried out. The classification parameters which are using for definition of the above mentioned technical characteristics in Russia and the European Union countries are considered. The possibility of their comparison with each other when determining classes of fire hazard is also analysed.

Keywords: fire hazard of construction materials; fire classes; classification parameters; standard test methods; combustibility; fire hazard factors.

REFERENCES

1. ISO 1182. Reaction to fire tests for products — Non-combustibility test. Available at: <http://www.iso.org> (Accessed 5 December 2013).
2. Interstate Standard 30244–94. Building materials. Methods for combustibility test. Moscow, IPK Izdatelstvo standartov, 1996; Standartinform Publ., 2006, 2008 (in Russian).
3. EN ISO 1716:2010. Reaction to fire tests for products — Determination of the gross heat of combustion (calorific value). Available at: <http://www.en-standard.eu> (Accessed 5 December 2013).

4. EN ISO 1182:2010. Reaction to fire tests for products — Non-combustibility test. Available at: <http://www.en-standard.eu> (Accessed 5 December 2013).
5. EN 13823:2010. Reaction to fire tests for building products. Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item. Available at: <http://www.en-standard.eu> (Accessed 5 December 2013).
6. Technical regulations in fire safety requirements (red. Federal Law No. 117 on 10.07.2012). Federal Law on 22.07.2008 No. 123. *Sobraniye zakonodatelstva — Collection of Laws of the Russian Federation*, 2008, no. 30 (part I), art. 3579 (in Russian).
7. EN 13501-1:2007. Fire classification of construction products and building elements — Part 1: Classification using data from reaction to fire tests. Available at: <http://www.en-standard.eu> (Accessed 5 December 2013).
8. Trushkin D. V., Aksenov I. M. Problemy opredeleniya goryuchesti stroitelnykh materialov [Problems of definition of building materials combustibility]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2001, vol. 10, no. 4, pp. 3–8.
9. Trushkin D. V. Otsenka pozharnoy opasnosti stroitelnykh materialov na osnove analiza dinamicheskikh kharakteristik. I. Otsenka goryuchesti i dymoobrazuyushchey sposobnosti [Fire danger estimation of building materials based on analysis of dynamic characteristics. Part 1. Combustibility and smoke production ability]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2002, vol. 11, no. 6, pp. 32–37.
10. EN ISO 11925-2:2010. Reaction to fire tests — Ignitability of products subjected to direct impingement of flame — Part 2: Single-flame source test. Available at: <http://www.en-standard.eu> (Accessed 5 December 2013).



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.

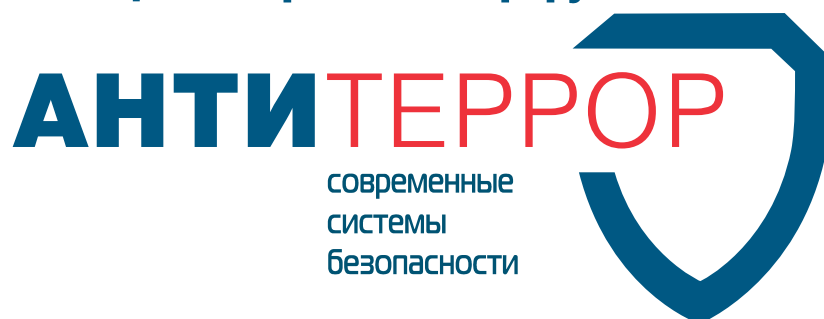
121352, г. Москва, а/я 43; тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: mail@firepress.ru

28–30 мая

Красноярск 2014



X специализированный форум-выставка



- **Безопасность банковского сектора – NEW**
- Технические средства и системы безопасности
- Инженерно-технические средства физической защиты
- Пожарная безопасность
- Аварийно-спасательное оборудование
- Транспорт
- Экипировка. Индивидуальные средства защиты
- Информационная безопасность

РЕКЛАМА



сибирь
международный
выставочно-деловой центр



Организаторы:



Информационная поддержка:

всероссийский специализированный журнал
БЕЗОПАСНОСТЬ

ПОЖНАУКА Издательство



МВДЦ «СИБИРЬ»
ул. Авиаторов, 19
тел.: (391) 22-88-400
22-88-611 – круглосуточно
ccb@krasfair.ru, www.krasfair.ru

Е. П. ПОКРОВСКАЯ, канд. техн. наук, доцент кафедры технологии швейных изделий Текстильного института ФГБОУ ВПО Ивановский государственный политехнический университет (Россия, 153000, г. Иваново, Шереметевский просп., 21; e-mail: Epokrovskaja@mail.ru)

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

О. В. КОЗЛОВА, канд. техн. наук, доцент кафедры химической технологии волокнистых материалов ФГБОУ ВПО Ивановский государственный химико-технологический университет (Россия, 153000, г. Иваново, Шереметевский просп., 7, e-mail: ovk-56@mail.ru)

УДК 687.023:678.7

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОВЫШЕННОЙ ЗАМЕТНОСТИ ДЕТСКОЙ ОДЕЖДЫ

Сформулирован комплекс требований к сигнальным элементам детской одежды; обоснованы композиционное решение рисунка и схема расположения световозвращающей аппликации на комплекте одежды для школьников с учетом особенностей восприятия ими визуальных образов. Разработана технология обеспечения сигнальной функции и определены оптимальные концентрационные и технологические параметры процесса создания световозвращающей аппликации на деталях детской одежды. Проведены экспериментальные исследования световозвращающей способности, износостойкости, яркости, устойчивости к светопогоде, стирке, деформациям и химической чистке; доказана эксплуатационная надежность и эффективность предложенной специальной отделки, обеспечивающей заметность пешехода в темное время суток водителями транспортных средств.

Ключевые слова: сигнальные элементы; детская одежда; световозвращающая аппликация; заметность пешехода в темное время суток.

Одной из наиболее острых проблем современного общества является проблема безопасности дорожного движения, и особенно детской безопасности. Известно, что тормозной путь автомобиля составляет от 50 до 150 м в зависимости от его скорости, технических параметров и состояния дорожного покрытия. В сумерки и темное время суток крайне затруднительно на таком расстоянии заметить человека, одетого даже в светлую одежду. Необходимо учитывать тот факт, что рост ребенка меньше, чем взрослого, поэтому он еще менее заметен на дороге. Другие факторы, усугубляющие драматическую ситуацию на дороге, — плохая освещенность улиц; световая реклама, отвлекающая водителей; высокая интенсивность движения. Установлено, что количество происшествий со смертельным исходом в темное время суток в три раза больше, чем в дневное время. Основная причина — плохая заметность пешехода. Обозначение силуэта пешехода или велосипедиста на расстоянии, превышающем длину тормозного пути, дает возможность водителю вовремя среагировать и затормозить. В странах Европы, включая Республику Беларусь, требование к пе-

шеходу обозначить себя световозвращающим элементом (элементами) при движении в темное время суток является обязательным. Причем световозвращающие характеристики данных элементов установлены техническими нормативными правовыми актами, поэтому использование сигнальных элементов, не удовлетворяющих их требованиям, недопустимо.

В соответствии с п. 4 Правил дорожного движения РФ в темное время суток или в условиях недостаточной заметности пешеходам при движении по обочинам и проезжей части дорог *рекомендуется* иметь при себе предметы со световозвращающими элементами и обеспечить их заметность для водителей транспортных средств. Однако большинство пешеходов этими рекомендациями пренебрегает. Закрепить данную рекомендацию в сознании людей и беспрекословно следовать ей — забота и самих пешеходов, и производителей одежды, которая в обязательном порядке должна быть оснащена сигнальными элементами, повышающими ее заметность в темное время суток. А для пешехода-ребенка, еще не осознающего в полной мере подстерегающих его

опасностей, наличие таких защитных элементов обязательно не только на одежде, но и на всех изделиях его экипировки: головном уборе, обуви, перчатках, варежках, рюкзаках, портфелях, велосипедах, скейт-бордах. Светоотражающие элементы в этом случае являются фактором так называемой пассивной безопасности пешехода, позволяя водителям заблаговременно заметить и успеть среагировать на его появление в лучах направленного света, что значительно снижает риск наезда на идущего по дороге человека в темное время суток и в условиях плохой видимости.

Сигнальными элементами, обеспечивающими заметность пешехода-ребенка на дороге, могут быть снабжены, помимо одежды, сумки, рюкзаки, обувь, головные уборы, варежки, перчатки. Они могут быть также изготовлены в виде нагрудников, повязок, накладок и других съемных аксессуаров, прикрепляемых к одежде механическим либо клеевым способом. Кроме того, они могут быть выполнены в виде несъемных элементов — аппликаций, соединенных с деталями в процессе производства предметов одежды или экипировки ниточным либо клеевым способом.

Термины “светоотражающий” и “светоотражающий” не эквивалентны друг другу. Все гладкие поверхности способны отражать падающий на них свет, причем в случае отражения от полированных поверхностей большая часть падающего света отражается зеркально, а часть — путем диффузного рассеяния.

Эффект световозвращения достигается благодаря использованию прозрачных (широкоугольных) микролинз. Эти микролинзы в виде монослоя из мельчайших стеклянных шариков или трехгранных стеклопирамид (призм) с высоким коэффициентом преломления (более 1,9) размещаются в слое полимера, нанесенном поверх амальгамы, которая предварительно сформирована на детали из ткани, полимерной пленки или композиционного материала с пленочным покрытием. Луч света при прохождении наружного слоя линзы преломляется и отражается от ее внутренней поверхности. Затем, проходя обратно через наружную поверхность, он еще раз преломляется и возвращается к источнику света под тем же углом.

Впервые в мире патент на технологию промышленного производства тканей с эффектом световозвращения получила корпорация “3M™” (США) в 1976 г. К ведущим мировым производителям световозвращающих материалов для одежды в настоящее время относятся корпорации “3M™” и “YSL” (Китай). Основными торговыми марками световозвращающих материалов являются Gio-Lite™ и 3M™ Scotchlite™.

Световозвращающие материалы для детской одежды должны соответствовать требованиям нормативной документации [1]: быть безопасными для здоровья, устойчивыми к перепадам температур (от 50 до минус 30 °С), к физико-механическим воздействиям, возникающим в процессе эксплуатации, к стирке и химической чистке, а также обладать малой жесткостью. Поверхность световозвращающего материала должна быть ровной, однородной, без царапин и трещин.

Срезы (края) сигнальных элементов не должны осыпаться или отслаиваться при эксплуатационных воздействиях. Сигнальные элементы должны отличаться разнообразием форм, размеров, дизайном. Сигнальные элементы, выполненные из световозвращающего материала, следует располагать на изделиях таким образом, чтобы они не были закрыты при движении человека и способствовали зрительному восприятию, т. е. они должны быть равномерно распределены спереди, сзади, с боковых сторон изделия в вертикальном и горизонтальном направлениях. Сигнальные элементы рекомендуется наносить в виде горизонтальных и вертикальных полос на полочку, спинку, внешнюю часть рукава, нижнюю часть брюк на расстоянии от нижнего края изделия не менее 3 см для детской одежды и 5 см — для подростковой, а также в виде прерывистых полос, логотипов и т. п. [1]. Нежелательно наносить сигнальные элементы на те участки изделия, которые подвергаются в процессе эксплуатации интенсивному истиранию, например манжеты, низ изделия, клапаны и обтачки карманов.

Минимальная площадь единичного сигнального элемента должна быть 0,0025 м², а если он нанесен в виде рисунка или аппликации, то его площадь необходимо увеличить. Чем больше площадь сигнальных элементов, тем выше вероятность быстрого и точного визуального определения присутствия человека на проезжей части. Рекомендуемая площадь поверхности световозвращающего элемента в детской и подростковой одежде в зависимости от возрастной группы должна находиться в диапазоне от 0,07 м² (для дошкольников) до 0,1 м² (для подростков) [1, 2].

Световозвращающие материалы, обеспечивающие отражение светового потока в направлениях, близких направлению, по которому он исходил, применяемые при изготовлении детской и подростковой одежды в качестве сигнальных элементов для визуального обозначения присутствия человека в лучах направленного света, должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 51835–2001 [1]. Прежде всего материалы для сигнальных элементов должны иметь необходимые световозвращающие характеристики, определяемые минимальным коэффициентом све-

товозвращения R' (кд/(лк·м²)) при различных углах освещения, который рассчитывается по формуле

$$R' = R/A,$$

где R — коэффициент силы света на плоскости световозвращающего материала, кд/лк;

A — площадь световозвращающей поверхности, м².

Значение R' для световозвращающего материала должно быть таким, чтобы обеспечивалась заметность человека в направленном свете фар на расстоянии до 300 м, но в любом случае не менее 150 м [2].

По значению этого коэффициента световозвращающие материалы подразделяются на первый и второй классы, причем второму классу соответствуют материалы, имеющие более высокие световозвращающие характеристики по сравнению с материалами первого класса. Маркировка швейных изделий с элементами из световозвращающих материалов должна дополняться указанием класса световозвращающего материала, например “СВМ 1 кл.” [1].

При разработке комплекта для школьника с наружной световой информацией учитывались особенности восприятия визуальных образов, прежде всего самими детьми. Горизонтальные и вертикальные полосы воспринимаются ими как элемент спецодежды. Зигзагообразные элементы могут вызывать напряженность и даже агрессию. Смайлики, изображения героев детских мультфильмов вызывают неоднозначную реакцию: некоторым детям они нравятся, другим — надоели, а третьи — с ними вовсе не знакомы. Оптимальными с точки зрения детей оказались элементы, напоминающие круг или россыпи кругов. Простые, лаконичные очертания зрительно воспринимаются детьми спокойно, не вызывая раздражения. Круг является распространенным геометрическим символом. У круга нет ни начала, ни конца, ни направления, ни ориентации. Эта форма символизирует безграничность, используется для выражения идеи вечности, так как движение по кругу символически означает постоянное возвращение к самому себе. В этой форме более чем в какой-либо другой выражена идея природы, Земли, мироздания. Такие понятия, как “добро”, “жизнь”, “счастье”, в наибольшей степени ассоциируются у человека с формой круга или его производными. Поэтому в качестве композиционного решения световозвращающей аппликации были выбраны различные сочетания кругов. Композиция аппликаций по простоте и образности приближена к детскому рисунку, но при этом обеспечена ее уравновешенность за счет оптимального масштаба рисунка и рационального соотношения орнамента и фона основного материала.

Характер расположения рисунка на изделиях может быть различным. В разработанной модели комп-

лекта для школьника выбраны следующие места размещения аппликации:

- на куртке:
 - правая сторона кокетки полочки;
 - правая и левая стороны кокетки спинки;
 - накладные карманы, расположенные на рукавах;
 - накладные карманы полочек;
 - центральная и боковые части капюшона;
- на брюках:
 - нижняя часть передних и задних половинок;
 - нижняя часть тесьмы, настроенной на боковые швы.

На рис. 1 показан фрагмент одежды с разработанной световозвращающей аппликацией.

Площадь единичного сигнального элемента (композиции кругов) составляет 28 см², а площадь поверхности световозвращающего материала в изделии — 950 см². Таким образом, форма, площадь и топография нанесения световозвращающих элементов соответствуют требованиям [1] к применению сигнальных элементов в детской одежде, обеспечивая при этом ее сигнальную функцию при различных углах падения света от фар движущегося транспорта.

Световозвращающие аппликации на деталях комплекта для школьника выполнены с использованием пожарной безопасной технологии пигментной печати, которая может быть успешно освоена на швейных предприятиях любой мощности и организационной формы, не требует значительных капиталовложений, связанных с приобретением дорогостоящего оборудования и расходных материалов. За счет ее внедрения стоимость изделия повышается не более чем на 5–7 %, что соизмеримо со стоимостью зарубежных фликеров, кантов и других световозвращающих элементов.

При правильном выборе полимерных композиций, режимов и параметров технологического процесса получают аппликации, обладающие высокой световозвращающей способностью, износостойкостью, яркостью, устойчивостью к светопогоде, стирке, деформациям и химической чистке [3].

Технология нанесения многослойного покрытия предполагает образование зеркального (отражающего) слоя на ткани методом прямой печати или плазменного напыления и последующее формирование



Рис. 1. Сигнальные элементы на деталях швейного изделия



Рис. 2. Вид материалов с различной концентрацией стеклосфер под микроскопом

полимерной матрицы, содержащей стеклосферы размером 30–40 мкм.

Формирование отражающего слоя световозвращающей аппликации в промышленных условиях при больших объемах производства возможно методом магнетронного напыления. Этот метод реализуется в достаточно глубоком вакууме (порядка $5 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст.) и позволяет наносить на детали из ткани очень тонкие пленки алюминия, серебра, нержавеющей стали и других металлов и их сплавов. При данном способе практически не загрязняется окружающая среда, отсутствует необходимость в использовании каких-либо химических материалов, а значит, и в очистке сточных вод, что при больших объемах производства компенсирует затраты, связанные с повышенным энергопотреблением оборудования в связи с необходимостью достаточно глубокого вакуумирования и использованием магнетрона. Применение низкотемпературной плазмы обеспечивает сохранность мягкого грифа, драпируемости, прочностных характеристик тканей.

В лабораторных условиях формирование отражающего слоя световозвращающей аппликации выполнялось наиболее доступным способом — прямой печатью с использованием алюминиевого текстильного пигмента.

Для получения полимерной матрицы использовались водные дисперсии акриловых (сополимеры бутилакрилата, акрилонитрила и метакриловой кислоты) и стиролбутилметакриловых сополимеров отечественного производства, полученных путем эмульсионной полимеризации. Такие полимеры сочетают в себе как традиционные свойства акрилатов (водостойкость, высокая прозрачность, бесцветность, нетоксичность, эластичность, атмосферостойкость, водо- и маслостойкость, устойчивость к ультрафиолетовому излучению), так и специфические (высокая адгезия к различным субстратам). Достоинствами этих полимеров являются огнестойкость, высокая скорость высыхания, легкость очистки инструментов для их нанесения, хорошая растворимость в воде, способность к образованию моющихся покрытий, устойчивых к истиранию, физиологическая безвредность, агрегативная устойчивость, низкий порог коагуляции, малая стоимость, экологическая безопасность. Использование водных дисперсий полимеров обеспечивает пожаробезопасность производства. Кроме того, при этом отпадает необходимость применения дорогостоящих установок для рекуперации паров растворителя, благодаря чему достигается экологичность технологического процесса.

Размер полимерных частиц в применяемых микроэмульсиях лежит в интервале 80–120 нм, причем



Рис. 3. Фото человека в костюме со световозвращающими элементами при освещении дальним светом фар на расстоянии 50 м (а), 120 м (б) и 250 м (в)

за счет различных размеров глобул при нанесении полимерной композиции на текстильную фактурную подложку обеспечивается равномерное распределение частиц на поверхности, гладкость получаемых пленок, мягкий гриф. Препараты, выбранные из серии ларусов, рузинов, лакротенов, лакиров, латакрилов и др., представляют собой высококонцентрированные, маловязкие дисперсии, из которых получают пленки с прочностью при разрыве (в зависимости от марки препарата) 0,5–34 МПа, относительным удлинением — 200–3000 %, температурой стеклования пленок — от минус 40 до +20 °С. Пленкообразующая способность у акриловых латексов начинает проявляться уже при 5 °С. Указанные свойства полимеров позволяют получать пленки с широким диапазоном эксплуатационных свойств. Доказанная физиологическая безопасность акриловых латексов дает основание сделать вывод о возможности их применения в процессах швейного производства, в частности при получении световозвращающих аппликаций в швейных изделиях для детей.

После высушивания акриловые полимеры образуют прозрачные бесцветные покрытия. Процесс окончательного формирования качественных пленочных поверхностей, обладающих необходимой прочностью, водонепроницаемостью, термо- и гидролизоустойчивостью, завершается их фиксацией на поверхности изделия при температуре 90–130 °С. При этом создаются условия для равномерного закрепления стеклянных микрошариков на деталях швейного изделия и для получения мягких и устойчивых к эксплуатационным воздействиям световозвращающих элементов.

Плотность света, отраженного стеклосферами, зависит от их количества на единицу площади. Однако есть предел: если расход микрошариков больше оптимального, то световозвращающий эффект снижается за счет поглощения ими светового потока при взаимном экранировании [4].

Были проведены исследования с целью определения оптимальных параметров распределения микрошаров на текстильном материале: количества их на единицу площади и глубины погружения стеклосфер в полимер. В результате установлено, что оптимальный расход нанесения стеклосфер на единицу площади материала составляет 80–90 % (рис. 2).

Известно также [5, 6], что для получения максимального световозвращения очень важно, чтобы полимер в достаточной степени покрывал поверхность шарика. В идеальном случае шарики должны быть погружены в слой полимера примерно на 60 %. При недостаточном или слишком глубоком погружении стеклосферы в полимер световозвращающий эффект значительно уменьшается.

Путем изменения метода нанесения полимерной композиции (ракельное, импрегнирование, печать через сетчатый шаблон и др.), а также условий термообработки, при которой формируется пленка на ткани, были определены оптимальные концентрационные и технологические параметры процесса создания световозвращающей аппликации на хлопкополиэфирной ткани с водоотталкивающей отделкой с лицевой стороны и с мембранным паропроницаемым покрытием с изнаночной стороны, которая используется для изготовления комплекта для школьника.

Экспериментально доказано, что эффект световозвращения, целостность аппликации на всех участках комплекта для школьника (куртки и брюки) сохраняются в течение пяти месяцев носки. В результате нанесения аппликации жесткость детали увеличивается не более чем на 7 %. Образцы материалов с аппликациями выдерживают не менее 5 циклов машинной стирки с применением синтетических моющих средств при температуре 40 °С, а также не менее 10 циклов ручной стирки в мыльно-содовом растворе с предварительным замачиванием в течение 20 мин при температуре 40 °С без использования для удаления загрязнений щетки. По устойчивости к деформациям истирания по плоскости и на сгибах аппликации с эффектом световозвращения не уступают импортным образцам световозвращающих материалов и соответствуют установленным требованиям [1]. Аппликации устойчивы к истиранию по плоскости (по ГОСТ Р 51552–99 на приборе Мартиндаля при использовании в качестве абразива серошинельного сукна), выдерживая не менее 1500 циклов, к истиранию по сгибам с одновременным растяжением (по ГОСТ 8978–2003 на приборе типа МИРП) — не менее 1000 циклов, к действию низкой температуры (минус 30 °С) — 10 суток непрерывных испытаний.

Оценка эффекта световозвращения аппликации, нанесенной на детали кроя детского костюма, осуществлялась экспресс-методом с применением фотосъемки со вспышкой в ночное время. Экспериментальные исследования заметности проектируемого изделия в темное время суток в свете включенных фар показали, что ребенок в таком костюме при освещении ближним светом фар замечен на расстоянии не менее 170 м, дальним светом (рис. 3) — не менее 250 м, что свидетельствует о высокой степени световозвращающего эффекта.

Таким образом, данный вид аппликации может быть рекомендован для швейных изделий детского ассортимента в качестве сигнального элемента, обеспечивающего заметность ребенка в темное время суток и в сумерки водителями транспортных средств.

Выводы

1. Разработан комплект одежды для школьника (куртка и брюки) с наружной световой информацией; обоснованы композиционное решение, схема размещения, оптимальная площадь и топография нанесения световозвращающих элементов на деталях швейных изделий, обеспечивающие необходимую сигнальную функцию при различных углах падения света от фар движущегося транспорта.

2. Разработана технология получения световозвращающей аппликации на деталях швейных изделий; выбраны оптимальные условия, режимы и концентрационные параметры данной технологии.

3. Оценена надежность световозвращающей аппликации в условиях эксплуатации в соответствии с функциональным назначением и требованиями нормативной документации к изделиям с данным видом специальной отделки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51835–2001. Световозвращающие элементы детской и подростковой одежды. Общие технические требования. — Введ. 01.08.2002 г. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 2002. — 12 с.
2. Пирус М. В. Осторожно! На дороге дети // Рабочая одежда и средства индивидуальной защиты. — 2004. — № 4 (27). — С. 6–7.
3. Меленчук Е. В., Козлова О. В. Использование отечественных полимеров при создании световозвращающих текстильных материалов // Изв. вузов. Химия и химическая технология. — 2013. — № 2 (56). — С. 121–123.
4. Свежинский В. Н. Демаркировка дорожной разметки // Строительная техника и технология. — 2003. — № 3. — С. 96–97.
5. Arshady R. Preparation of polymer nano- and microspheres by vinyl polymerization techniques // J. Vitro encapsulation. — 1988. — Vol. 5. — P. 101–114.
6. Madison R., Maklins J. D. Latex nanospheres delivery systems // Brain. RES. — 1990. — Vol. 7, No. 3. — P. 187–192.

Материал поступил в редакцию 31 января 2014 г.

English

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF FIRE-RESISTANT TECHNOLOGY PROVIDE INCREASED VISIBILITY OF CHILDREN'S CLOTHING

POKROVSKAYA E. P., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of Technology of Garments Department, Textile Institute, Ivanovo State Polytechnic University (Sheremetevskiy Avenue, 21, Ivanovo, 153000, Russian Federation; e-mail: Epokrovskaja@mail.ru)

POKROVSKIY A. A., Candidate of Technical Sciences, 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: aapokrovsky@mail.ru)

KOZLOVA O. V., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of Chemical Technology of Fibrous Materials Department, Ivanovo State University of Chemistry and Technology (Sheremetevskiy Avenue, 7, Ivanovo, 153000, Russian Federation; e-mail: ovk-56@mail.ru)

ABSTRACT

One of the most acute problems of modern society is the issue of road safety, particularly of the children safety. Designation silhouette pedestrian or cyclist's special warning elements arranged on clothing, allows the driver to prevent an accident. Therefore children's clothing is mandatory must be equipped with signaling elements that enhance its visibility in the dark.

In accordance with the requirements of regulatory documents developed a set of requirements for signal elements, the compositional pattern solution and arrangement retroreflective application kit designed for children's clothing, taking into consideration the peculiarities of perception of visual images and the children themselves.

Reflective details on the application kit for the student were made using fire-resistant pigment printing technology that can be successfully mastered in garment factories and power of any organizational form, doesn't requires significant capital investment associated with the purchase of expensive equipment and supplies.

The optimal concentration and technological parameters of the process of creating a retro-reflective application on polyester fabric with water repellent finish on the front side and a vapor-permeable membrane coated on the reverse side, used to make a set for school were identified.

Experimental studies of sets of clothes for school, made using technology developed in the laboratory and in pilot wear, were proven reliability retroreflective appliqué. Visibility at night pedestrian, dressed in an outfit with retroreflective elements, obtained using the developed technology is in the light dipped beam not less than 170 m, with light beam headlights – not less than 250 m, which indicates a high the effectiveness of this type of special finishes.

Keywords: signal elements; children's clothing; retroreflective applique; pedestrian visibility in the dark.

REFERENCES

1. State Standard 51835–2001. Light retroreflective elements of child's and juvenile clothing. General technical requirements. Moscow, Standartinform Publ., 2012. 12 p. (in Russian).
2. Pirus M. V. Ostorozhno! Na doroge deti [Watch out! On the road, the children]. *Rabochaya odezhda i sredstva individualnoy zashchity — Workwear and Means of Individual Protection*, 2004, no. 4 (27), pp. 6–7.
3. Melenchuk E. V., Kozlova O. V. Ispolsovaniye otechestvennykh polimerov pri sozdanii svetovozvra-shchayushchikh tekstilnykh materialov [Domestic application of polymers to create reflective textile materials]. *Izvestiya vuzov. Khimia i khimicheskaya tekhnologiya — Proceedings of Higher Education. Chemistry and Chemical Technology*, 2013, no. 2 (56), pp. 121–123.
4. Svezhinskiy V. N. Demarkirovka dorozhnoy razmetki [Demarkirovka road markings]. *Stroitel'naya tekhnika i tekhnologiya — Construction Equipment and Technology*, 2003, no. 3, pp. 96–97.
5. Arshady R. Preparation of polymer nano- and microspheres by vinyl polymerization techniques. *J. Vitro Encapsulation*, 1988, vol. 5, pp. 101–114.
6. Madison R., Maklins J. D. Latex nanospheres delivery systems. *Brain. RES*, 1990, vol. 7, no. 3, pp. 187–192.

Пенообразователи

ШТОРМ



Точный расчет на безопасность!

РЕКЛАМА

Шторм-М — высокоэффективный пленкообразующий синтетический фторсодержащий пенообразователь специального назначения.

Основная область применения: химическая и нефтехимическая промышленность, аэродромы, а также везде, где необходимо за короткое время обеспечить тушение больших площадей с розливом нефти или нефтепродуктов либо предотвратить возгорание горючих жидкостей.

ГЕФЕСТ

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ

Тел.: (495) 925 51 31

www.gefestnpk.ru

www.shtpena.ru

И. М. АБДУРАГИМОВ, д-р техн. наук, профессор, академик НАНПБ, профессор МГТУ им. Н. Э. Баумана (Россия, 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., 5/1; e-mail: niirx@yandex.ru)

Г. Н. КУПРИН, канд. техн. наук, вице-президент ВАНКБ, генеральный директор ЗАО “НПО СОПОТ” (Россия, 196070, г. Санкт-Петербург, а/я 87; e-mail: sopot@sopot.ru)

УДК 614.844:620.91

НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ (СУГ И СПГ) КАК ОБОРОТНАЯ СТОРОНА УСПЕХОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Показана необходимость срочной разработки инновационных технологий и методов ликвидации крупномасштабных аварий на объектах получения, транспортировки, переработки и потребления СУГ и СПГ (на объектах ТЭК, связанных с оборотом СУГ и СПГ). Рассмотрены особенности проблемы обеспечения ПВБ при транспортировке и хранении СПГ и СУГ.

Ключевые слова: сжиженный углеводородный газ (СУГ); сжиженный природный газ (СПГ); установки комбинированного тушения пожаров “Пурга” (УКТП “Пурга”); тушение пожаров СУГ и СПГ; купирование аварийных ситуаций; топливно-энергетический комплекс; метановозы.

Введение

Начало 3-го тысячелетия ознаменовалось одним очень существенным нововведением в области решения мировых проблем энергопотребления и транспортировки энергоресурсов, которое осталось не замеченным “человечеством” или, по крайней мере, не привлекло к себе должного внимания в обществе. Речь идет о широком освоении и крупнотоннажном применении криогенных технологий получения сжиженных углеводородных газов (СУГ) (пропанбутановой смеси C_3H_8/C_4H_{10}) и особенно сжиженного природного газа (СПГ) (метана CH_4) и об их использовании в промышленно-энергетических целях. Это, безусловно, большой успех современной криогенной промышленной отрасли, который пришелся кстати и для решения проблем в энергетике, в частности в технико-энергетических комплексах (ТЭК) России. В рамках мировой энергетики этот технологический прорыв соизмерим с технологической победой в области освоения технологии добычи сланцевого газа (и нефти!), получивших даже название “сланцевой революции” в мировой энергетике [1, 2]. Об этой победе знает весь мир, а о СУГ и СПГ лишь узкий круг специалистов (да и то не всех смежных специальностей, особенно специалистов в области обеспечения пожаровзрывобезопасности (ПВБ) ТЭК России). С применением криогенных технологий в мировой энергетике значительно упростилось решение многих проблем, в том числе транспортировки энергоресурсов (в виде сжиженных газов) вместо перекачки

газообразных горючих или нефти по стратегическим магистральным трубопроводам (типа “Уренгой – Помары – Ужгород”, “Северный поток”, “Южный поток” и др.). Существенно упростились проблемы строительства разветвленных региональных и местных трубопроводных сетей и транспортировки больших, средних и малых количеств горючего, так как шкала вместимости резервуаров для хранения и перевозки СУГ и СПГ (и стационарных, и транспортных) простирается от 20–40 л (порядка 10–20 кг СУГ или СПГ) до 200 тыс. m^3 (и более!!!). Это колоссальный прогресс в решении проблем хранения и транспортировки сжиженных энергоресурсов. Но при этом сильно обострились старые и возникли совершенно новые проблемы в сфере обеспечения пожаровзрывобезопасности всего этого огромного и чрезвычайно сложного энергохозяйства и обеспечивающих его систем.

В связи с вышеизложенным будет не лишним ознакомиться с некоторыми цифрами, фактами и обстоятельствами, связанными с этой, пока не замеченной широкой общественностью победой мировой энергетики. Вот лишь некоторые данные и весьма неполная картина сложившейся на сегодня ситуации в этой области. Площадь континентального шельфа России огромна — более 5,2 млн. km^2 , и, на наше счастье, большая часть этой огромной акватории (примерно 4,2 млн. km^2) очень перспективна с точки зрения нефтегазоносности! К сожалению, огромное большинство этих заманчивых и перспективных зон

расположено в “нелучших” климатических условиях: в зоне высоких широт и низких и очень низких температур, постоянно сложной ледовой обстановки, морских штормов и штормовых ветров и прочих шельфовых проблем (вовсе не курортного свойства!). Тем не менее данные чрезвычайные обстоятельства и проблемы успешно преодолеваются, и эти регионы постепенно осваиваются добытчиками энергоресурсов. Освоение нефтегазовых месторождений шельфа России, особенно высокоширотного и арктического, связано с созданием сложных инженерных сооружений, специального оборудования и разработкой новых, наукоемких технологий, которые внедряются в практику крупнотоннажного грузооборота пожаровзрывоопасных грузов впервые.

На береговой линии и на акватории (на причалах, плавучих и стационарных (ледостойких, морских) платформах) строятся мощные высокопроизводительные насосно-компрессорные станции (НКС), резервуарные парки для хранения СУГ и СПГ с огромными емкостями для их хранения — по 100–200 тыс. м³ и более, трубопроводы большого диаметра, сливно-наливные эстакады и другие сложнейшие технологические системы и устройства для обслуживания и реализации грандиозных планов и новых проектов по приему, перекачке и транспортировке по морю и по суше миллионов кубометров сжиженного природного газа ежегодно!

С 18 февраля 2009 г. на Сахалине функционирует завод многотоннажного ежесуточного сжижения природного газа; с 16 марта 2009 г. (т. е. уже более 4 лет!) на юге Сахалина в пос. Пригородное — причал по отгрузке СПГ, принимающий танкеры вместимостью от 18 тыс. до 145 тыс. м³ сжиженного газа.

К настоящему времени Россией уже отправлены на экспорт десятки млн. м³ СПГ. СПГ перевозят и танкерами дедвейтом 70 тыс. т (производства ФГУП “Адмиралтейские верфи”, г. Санкт-Петербург), и более крупнотоннажными плавсредствами. В рамках проекта “Сахалин-2” на верфях Японии были построены три таких газовоза — “Гранд Елена”, “Гранд Анива” и “Гранд Мерей” на 147 тыс. м³ СПГ каждый.

Несмотря на то что первый морской транспорт “Метан Пионер” на 5000 м³ был оборудован еще в 1959 г., интенсивное строительство морских судов для перевозки СУГ и СПГ начинается в основном в 90-е годы, и уже к 1997 г. эксплуатируется 100, а к 2009 г. — 298 танкеров, и строится еще 52, а в 2010 г. в эксплуатации находятся уже 369 танкеров. Более совершенными считаются танкеры с вместимостью резервуаров 200 тыс. м³ и более (260 тыс. м³). По состоянию на 2007 г. большегрузных танкеров насчитывалось более 200, а по прогнозу к 2015 г. их количество должно возрасти еще на 160 (стоимость одного такого метановоза 130–240 млн. долл. США). Современ-

ные крупные морские суда — метановозы (например, вместимостью 220 тыс. м³) — это плавучие суда-исполины длиной более 320 м, шириной порядка 50 м и высотой 60 м, с двумя гребными винтами ($D_v = 4,5$ м) и двигателями мощностью 51300 кВт. Это предмет гордости современной инженерной мысли! Но, как специалисты по проблемам безопасности, отметим, что неразрушаемых и непотопляемых судов не бывает в принципе, даже если удельная плотность перевозимой жидкости вдвое меньше плотности морской воды (порядка 0,426 т/м³ для СПГ и 0,6 т/м³ для СУГ). А сегодня счет метановозов в мире идет на сотни, и количество их непрерывно растет.

Суммарная вместимость судов для перевозки СПГ увеличилась с 32 млн. м³ в 2007 г. до 78 млн. м³ в 2011 г., т. е. почти в 2,5 раза! С 2007 по 2012 гг. грузооборот СПГ в мире возрос более чем в 2 раза, и по прогнозам к 2015 г. количество морских терминалов импорта СПГ тоже удвоится и достигнет 130 [1]. По данным интернет-источников на сегодня уже более 30–35 % всего природного газа транспортируется в сжиженном виде. Такая интенсивная прокачка, перевалка и перевозка миллионов тонн пожаровзрывоопасного груза, да еще в сжиженном, термодинамически неравновесном, неустойчивом состоянии, неизбежно связаны с определенным уровнем риска аварий, истечения и пролива сжиженных продуктов и возникновением пожаровзрывоопасных ситуаций. В то же время, по мнению большинства специалистов в области обеспечения ПVB вообще и ПVB объектов ТЭК в особенности, существующее в России нормативное обеспечение ПVB при работах с СУГ и СПГ крайне слабое, а ПVB при их обороте на транспорте и вовсе отсутствует и в ближайшем будущем не предвидится, так как настоящие исследования в этой сложнейшей области обеспечения ПVB еще даже и не начинались [4]. А промышленные крупномасштабные и многотоннажные работы и перевозки (и по суше, и по морю) ведутся полным ходом с возрастающими темпами и объемами производства, хранения и транспортировки и СУГ, и СПГ [1, 2]. Сегодня в мире ежедневно более 300 крупнотоннажных судов бороздят мировой океан, перевозя ежегодно более 200 млрд. м³ (более 100 млрд. т) сжиженных углеводородных газов. Вот лишь примерные данные из общедоступных источников информации (по состоянию на 2012 г.), характеризующие масштаб проблемы и косвенно — степень риска возникновения пожара и взрыва (см. таблицу).

По оценкам ряда специалистов, СУГ и СПГ в энергопотреблении занимают в современном мире 3-е место после нефти и угля! Как и во многих других областях промышленности, Россия сильно отстает от других стран-экспортеров. Занимая 1-е место в мире по добыче и экспорту природного газа, мы на-

Данные по экспорту и импорту СПГ по состоянию на 2012 г.

Страна	Объем СПГ, млрд. т ³	
	Экспорт	Импорт
Катар	49,4	—
Малайзия	29,5	—
Индонезия	26,0	—
Австралия	24,0	—
Алжир	21,0	—
Тринидад–Тобаго	19,8	—
Россия	>13,0 (>9,6 млн. т)	—
Япония	—	85,9
Республика Корея	—	34,5
Испания	—	23,0
США	—	12,8
Индия	—	12,6

ходимся на последнем месте в списке экспортеров сжиженного метана. Но здесь есть опасная перспектива сделать “большой скачок”! Наш ближайший морской сосед — Япония, потребляющая чуть меньше половины всего мирового экспорта СПГ (около 86 млрд. м³/год), почти полностью удовлетворяет потребности страны в горючем газе за счет импорта СПГ. Второй по масштабам потребления СПГ импортер — Корея (34,5 млрд. м³/год) также находится недалеко от восточных терминалов России. Видимо, именно поэтому премьер Японии Синдзо Абэ, впервые за 10 лет посетивший в конце апреля 2013 г. Россию, подтвердил намерение его страны участвовать в строительстве на Дальнем Востоке нового завода по получению сжиженного природного газа с целью увеличить его экспорт в Японию. Дело в том, что сегодня экспорт СПГ России составляет 13–15 млрд. м³, а Япония потребляет в 6–7 раз больше! А на востоке у нас газа много! Уже не первый год проявляется тенденция к отмене монополии Газпрома на экспорт сжиженного газа. К экспорту СПГ готовы (и активно к этому стремятся) и “Роснефть”, и “Новатэк”, и многие другие весьма серьезные представители ТЭК России. Министр энергетики России А. Новак уже заявил, что в ближайшей перспективе “Ямал СПГ” выйдет на 15 млн. т/год; “Печора СПГ” — на 2–8 млн. т/год; Владивосток — на 15 млн. т/год; “Сахалин-2” — на 9,6 млн. т/год. К 2018 г. Россия выйдет на 2-е место в мире по объему производства и экспорта СПГ, который составит 41–46 млн. т/год, т. е. увеличится за 5 лет примерно в 5 раз. Однако не только меры по ликвидации подобных аварий до сих пор не разработаны, но и исходные концепции обеспечения ПБВ в этой сфере еще не сформулированы! И боюсь, произойдет это не скоро. По случайному стечению обстоятельств именно в апреле 2013 г.

(когда В. В. Путин договорился с Синдзо Абэ о расширении поставок СПГ в Японию) была опубликована программная статья одного из ведущих специалистов [3] (и ключевой фигуры в области ПБВ Газпрома), профессора Р. М. Тагиева “Первые в мировой практике широкомасштабные испытания по проливу сжиженного природного газа и последующего его горения в рамках научно-технического сотрудничества ООО “Газпром газобезопасность” и GDF Suez S. A. [4]. Вот такое, извините, эпохальное название. Из текста этой столь же обстоятельной статьи следует, что на этой поляне проблем еще “конь не валялся”... Тем не менее перевозки уже осуществляются в промышленном масштабе и активно и интенсивно расширяются, а к реальным проблемам обеспечения ПБВ в этой области еще практически и не приступали! Что касается “первых в мировой практике...”, то Р. М. Тагиеву можно верить: он знает, он в фарватере этих проблем, на самых “передовых рубежах”! Право же, есть о чем задуматься, тем более в свете написанного ниже. При этом, пытаясь оценить проблемы обеспечения пожаровзрывобезопасности этих почти беспрецедентных ранее для России технологических процессов, уже практически “поставленных на поток”, кроме огромных масштабов суммарного “товарооборота” и грандиозных размеров резервуаров для хранения СПГ, необходимо учесть одну специфическую особенность хранящейся субстанции. Эта особенность состоит в том, что хотя горючие жидкости (СУГ и СПГ) и хранятся под минимальным давлением (порядка 0,2 атм избыточных), но при отрицательной температуре: СПГ — минус 162 °С; СУГ — минус 40–42 °С. Это создает множество технологических (инженерных, теплофизических) и в том числе прочностных проблем их безопасного хранения. При испарении при минус 160 °С 1 м³ пролитого сжиженного метана образуется более 600 м³ газообразного метана плотностью 1,86 кг/м³, т. е. более 6000 м³ опаснейшей газовоздушной смеси стехиометрического состава и порядка 12000 м³ пожаровзрывоопасной смеси.

Вероятность воспламенения и зона взрыва такого объема горючей смеси зависят только от состояния окружающей атмосферы (температуры воздуха и скорости ветра над поверхностью пролитого СПГ или СУГ) и момента появления источника поджигания (воспламенения) этой газовоздушной смеси. Как показывает многолетний опыт работы Газпрома, при возникновении опасных ситуаций (утечек газа) в 30–40 % таких случаев в зоне скопления взрывоопасной газовоздушной смеси (ГВС) появлялся источник поджигания достаточной мощности (более 1–2 мДж — энергия, эквивалентная 1/100–1/1000 энергии, выделяемой при сгорании всего одной спи-

ческой головки), что приводило к ее воспламенению, т. е. к пожару или взрыву.

Более точное определение вероятности и тем более мощности взрыва при подобных авариях затруднительно по ряду объективных причин. Прежде всего из-за некорректности исходной постановки задачи по параметрам аварии: например, таким, как характер и масштаб (количество и интенсивность) вероятного истечения СПГ; размер и характер (параметры) растекания СУГ; размер площади растекания и природа поверхности его растекания (акватория и ее состояние), грунт и характер грунта (каменистый, глина, песок, бетон) или металлическая платформа; сила ветра и температура окружающего воздуха и многие другие обстоятельства аварии. Так, в зависимости от вида поверхности растекания СПГ (вода, бетон, грунт) удельная массовая скорость испарения СПГ m ($\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$) изменяется с 0,03 до 0,05–0,07 $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, т. е. более чем в 2 раза. В зависимости от стадии испарения (с момента пролива СПГ — до 100 с и более) интенсивность испарения изменяется с 0,01 до 0,025 $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, т. е. еще в 2–2,5 раза, а в общей сложности в 5–7 раз. Максимальная удельная скорость газификации сжиженного метана $M_{\max}$ при достаточной интенсивности теплопритока (при пленочном режиме его кипения) еще в 4 раза выше(!) — порядка $M_{\max} = 0,11 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ [3]. От температуры воздуха и скорости ветра она зависит еще сильнее [5]. А именно от количества пролитого или вытекающего флюида и площади разлива зависит размер и скорость роста взрывоопасной зоны при испарении СПГ или СУГ до момента его воспламенения. По мере смешения образовавшейся газовой фракции метана с воздухом и, соответственно, выравнивания температуры газообразного метана плотность его (в газовой фазе) изменяется почти вдвое — с 1,86 $\text{кг}/\text{м}^3$ в момент испарения (т. е. при $t_{\text{г.м}} = -160^\circ \text{C}$) до 0,717 $\text{кг}/\text{м}^3$ при $t_{\text{г.м}} = 20^\circ \text{C}$, т. е. в 2,6 раза. Соответственно, и плотность метана по отношению к воздуху изменяется в 2,6 раза. От соотношения плотностей горючего газа и воздуха в значительной степени зависят условия диффузионного конвективного смесеобразования газозоообразного облака (при отсутствии ветра), его состав и распределение концентраций горючего в смеси, форма и зоны распространения самого этого облака, т. е. формирование пожаровзрывоопасной зоны.

При всей неоднозначности и неопределенности исходных параметров аварийной ситуации при истечении или проливе СПГ можно условно рассмотреть 4 варианта (стадии) аварии: 1 — малодобитное (слабое) истечение СПГ из отверстий малых размеров; 2 — одномоментный выброс СПГ с последующим продолжительным истечением; 3 — одномоментный выброс большого объема СПГ или интен-

сивное его истечение; наконец, 4 (крайний случай) — почти тотальное разрушение резервуара почти с единовременным истечением и проливом всей массы СПГ. Кроме того, в порядке предварительного анализа аварийной ситуации и динамики ее развития можно рассмотреть условно еще 3–4 стадии развития аварийной ситуации: 1 — обстановка и комплекс противоаварийных мероприятий до воспламенения истекающего (пролитого) СПГ; 2 — воспламенение ГВС в кинетическом режиме ее горения (дефлаграционный взрыв); 3 — воспламенение испаряющегося, пролитого СУГ в диффузионном режиме горения (пожар); 4 — одновременное воспламенение образовавшейся ГВС и паров над поверхностью пролитого СПГ (пожар со взрывом). Можно назвать еще множество других ситуационных и конструктивных условий возникновения и развития аварий такого рода, которые очень сложно или вообще невозможно предопределить заранее. Некоторые из этих вариантов и предполагаемых сценариев возникновения и развития аварий при проливе либо истечении СУГ или СПГ более подробно проанализированы в работе [5].

В принципе, помимо учета специфических ситуационных особенностей аварий и катастроф, связанных с возникновением пожара или взрыва, масштаб и сложность таких аварий характеризуются двумя основными параметрами: размером площади пожара (весьма косвенный и относительный показатель характера и масштаба обусловленных им проблем) и мощностью взрыва в случае его возникновения (тоже параметр неоднозначный, но наиболее показательный). Так вот, в связи с неопределенностью и многовариантностью возможных сценариев аварийной ситуации, исходных параметров и условий аварии на рассматриваемых нами объектах масштабы и значения основных опасных факторов и параметров разрушения могут различаться на 5–10 и более порядков! Диапазон вариантов огромен: от малоопасного факельного горения при струйном истечении газообразной или жидкой фазы флюида через малое отверстие размером 5–6 мм, при котором локальная тепловая мощность факела пламени пожара не будет превышать 150–200 кВт; пламени диаметром не более 20–30 см и длиной не более 1–2 м (в зависимости от размеров и формы отверстия, уровня его образования, силы ветра и пр.); факела, который можно потушить любым видом огнетушащего средства (водой, пеной, порошком и даже нейтральным газом типа азота или диоксида углерода) из любого типа огнетушителя [4], до огромного пожара площадью несколько десятков тысяч квадратных метров (на земле, воде, плавучей или стационарной платформе, сливоналивной эстакаде и т. п.), который невозможно потушить никакими из современ-

ных систем и средств пожаротушения, и грандиозного взрыва паровоздушного облака, которое может образоваться при внезапном тотальном разрушении резервуара, содержащего до 100 тыс. м³ СУГ или СПГ. Мощность и форма этого взрыва будут зависеть от десятка различных причин и обстоятельств катастрофы (места и условий ее возникновения, характера разрушения резервуара, температуры воздуха и силы ветра и др.). Однако самые приблизительные, прикидочные расчеты не исключают возможности взрыва мощностью в десятки и даже сотни килотонн в тротиловом эквиваленте. По мощности этот взрыв эквивалентен десятку взрывов, осуществленных США в Хиросиме и Нагасаки!!! Тем более что при определенных погодных условиях и воспламенении такого грандиозного парогазовоздушного облака ближе к его геометрическому центру характер и режим распространения взрыва могут перейти в детонацию или режим взрыва вакуумной бомбы! И характер, и масштабы разрушения при такой катастрофе трудно априори оценить даже при самом сильном воображении. При таком широком разбросе параметров пожара и мощностей взрыва, возможных при авариях, связанных с проливом СУГ или СПГ, никаких конкретных практических рекомендаций по методам, приемам и способам борьбы с ними (или хотя бы локализации либо возможного купирования развивающейся аварии или ее последствий) ни в каких нормативных документах НЕТ. Первопроходческие аналитические и экспериментальные работы ВНИИПО, выполненные за последние 12–15 лет, позволили дать общие представления о проблеме и создали предпосылки для количественной оценки параметров подобных аварий [5, 6]. Однако в них недостаточно учтены специфика сжиженных газов и возможные масштабы проблемы, которые стали очевидными в последние годы. В частности, головная организация по этой проблеме ООО «Газобезопасность» строила концепцию ПВБ объ-



Рис. 1. Воздушно-механическая пена кратностью 50 на основе синтетического углеводородного пенообразователя в резервуаре с криогенной жидкостью (температура кипения минус 42 °С)

ектов Газпрома вообще без учета термодинамических особенностей взрывоопасного субстрата. В результате многие расчеты и рекомендации по ликвидации этих аварий оказались противоречивыми, а некоторые неверными (в том числе по рекомендуемым видам пенообразователей, кратности рекомендуемых пен, их дисперсности, интенсивности подачи и другим важнейшим параметрам ликвидации аварий при проливе СУГ и СПГ).

В связи с этим при всех сценариях развития аварийной ситуации, обусловленной проливом либо истечением СПГ или СУГ (кроме варианта внезап-

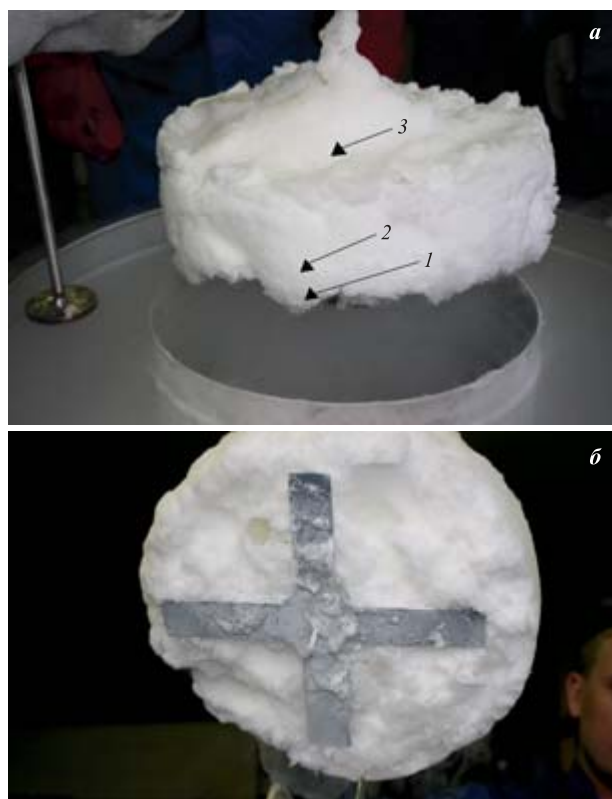


Рис. 2. Вид сбоку (а) и снизу (б) замороженного слоя пены, состоящего из ледяной подушки толщиной 1 см (1), замороженного сухого слоя пены толщиной 3–5 см (2) и мокрого слоя пены (3)



Рис. 3. Внутренняя (мокрая) часть слоя замороженной пены



Рис. 4. Экспериментальный стенд ($S = 100 \text{ м}^2$, $d = 11,2 \text{ м}$)



Рис. 5. Заполнение емкости пропаном



Рис. 6. Свободное горение СУГ на площади 100 м^2 , высота пламени $\sim 40 \text{ м}$

ного взрыва газозооушной смеси в момент истечения флюида), наиболее перспективными и целесообразными представляются попытки управления развитием аварийной ситуации с использованием комбинированных пен низкой или средней кратности, подаваемых в поток или на поверхность СПГ (СУГ) с большой интенсивностью и из пеногенераторов с большим секундным расходом пенообразующего раствора (и, соответственно, с большим радиусом управляемой (регулируемой) подачи пенных струй в зону аварии).

Экспериментальные исследования [7] по оценке возможности купирования аварийных розливов



Рис. 7. Процесс тушения: а — начало подачи пены средней кратности (40–50); б — через 25 с; в — через 45 с; г — через 88 с (ликвидация горения в границах резервуара); д — полное прекращение горения на всей площади

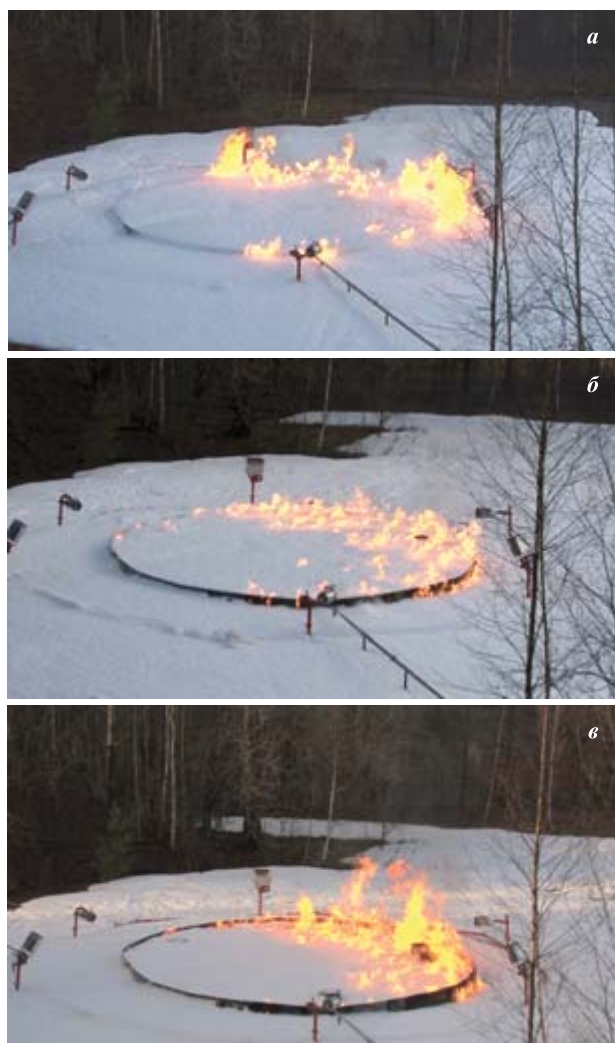


Рис. 8. Процесс контролируемого выжигания газонаполненной пены: *а* — начало; *б* — на 10-й мин; *в* — на 30-й мин

криогенных пожаровзрывоопасных жидкостей (СПГ и СУГ) показали, что взрывоопасные концентрации газа ликвидируются воздушно-механической пеной низкой и средней кратности из раствора синтетического углеводородного пенообразователя (рис. 1) путем образования на поверхности СУГ и СПГ слоя пены, состоящего из тонкого, неравномерно распределенного слоя льда ($\delta \approx 1$ см), к которому “прикрепляется” слой замороженной пены ($\delta \approx 3\div 5$ см) (рис. 2), над которым расположен слой мокрой незамороженной пены ($\delta \approx 15\div 30$ см) (рис. 3).

Такой метод купирования разлитого СУГ и СПГ обеспечивает снижение концентрации горючего газа над поверхностью слоя пены до пределов ниже нижнего концентрационного предела распространения пламени.

Однако здесь много “если”... Если такая возможность будет предусмотрена заранее. Если соответствующие системы и устройства будут заранее смонтированы на каждом пожаровзрывоопасном объекте. Если они будут содержаться в состоянии постоянной технической готовности к применению в автоматическом, ручном или дистанционном режиме управления. Сегодня это вполне возможно в любом из трех вариантов и во всех вариантах одновременно. Как показал комплекс исследований и натурных огневых испытаний, проведенных НПО “СОПОТ” в 2013 г. (рис. 4–8), при выполнении практических рекомендаций по локализации и купированию последствий таких аварий в большинстве случаев ситуацию можно взять под контроль в течение 1–2 с и держать ее под контролем 15–20 мин (в зависимости от масштаба и сложности аварии, количества пролитого горючего, площади его растекания, сложности объекта и других ситуационных обстоятельств аварии).

Таким образом, почти во всех случаях есть возможность избежать взрыва или существенно снизить опасность его возникновения и мощность, сократить площадь послеаварийного пожара или вообще предотвратить его возникновение, сведя аварию к постепенному пожаровзрывобезопасному испарению пролитого СПГ или СУГ либо организовав контролируемое, управляемое, медленное выжигание насыщенной горючим газом пены. Правда, длительность такого управляемого режима ликвидации подобных аварий может измеряться часами и требовать привлечения огромных сил и средств, но это уже другой вопрос. Важно, что в принципе такая возможность существует и что она экспериментально подтверждена работами НПО “СОПОТ” [8]. Вероятно, возможны и другие оригинальные технологические инновационные решения, приемы и способы купирования, локализации и ликвидации аварий такого рода. Но более подробно о них — в следующей статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капустин В. Новые технологии в российской нефтепереработке и нефтехимии // Деловая Россия. — 2013. — № 10. — С. 32–33.
2. Сечин И. Проекты стратегического назначения // Деловая Россия. — 2012. — № 10. — С. 48–49.
3. Тагиев Р. М. Основные аспекты единой технической политики в области противопожарной защиты объектов ОАО “Газпром”. Средства спасения. Противопожарная защита. — М.: Каталог, 2001.

4. *Тагиев Р. М.* Первые в мировой практике широкомасштабные испытания по проливу сжиженного природного газа и последующего его горения в рамках научно-технического сотрудничества ООО “Газпром газобезопасность” и “GDF Suez S. A.” // Безопасность объектов топливно-энергетического комплекса. — 2013. — № 2. — С. 58–61.
5. *Рачевский Б. С.* Сжиженные углеводородные газы. — М.: Изд-во “Нефть и газ”, 2009. — 640 с.
6. *Абдурагимов И., Куприн Г.* От новых успехов прорывных технологий к новым проблемам пожаровзрывобезопасности российских ТЭК, связанных с производством, хранением и транспортировкой СУГ и СПГ // Бизнес-Премьер. — 2013. — № 6. — С. 22–24.
7. *Куприн Г.* “Пурга” — инновационная технология пожаротушения // Нефть и газ XXI века. — Екатеринбург: Изд-во “Медиа-Бизнес”, 2013. — С. 200–201.
8. *Абдурагимов И. М., Куприн Г. Н.* Проблемы пожаровзрывобезопасности СУГ и СПГ: тушить нельзя купировать! // Каталог “Пожарная безопасность”. — М.: Изд-во “Гротек”, 2014. — С. 46–50.

Материал поступил в редакцию 29 августа 2013 г.

English

UNSOLVED PROBLEMS OF FIRE AND EXPLOSION SAFETY OF ENERGY RESOURCES (LPG AND LNG) AS THE OTHER SIDE OF THE SUCCESS OF THE ENERGY STRATEGY OF THE RUSSIAN FEDERATION

ABDURAGIMOV I. M., Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of National Academy of Fire Science, Professor of Bauman Moscow State Technical University (2-ya Baumanskaya St., 5/1, Moscow, 105005, Russian Federation; e-mail address: niipx@yandex.ru)

KUPRIN G. N., Candidate of Technical Sciences, Vice-President of the World Academy of Sciences for Complex Safety, General Director of ZAO NPO “SOPOT” (Joint Stock Company “Research and Production Association Modern Fire-Fighting Technologies”) (Post office box 87, Saint-Petersburg, 196070, Russian Federation; e-mail address: sopot@sopot.ru)

ABSTRACT

The article considers the prospects (and urgent need is substantiated) of production expansion and especially export expansion of liquefied petroleum fuels of Fuel and Energy Complex (FEC) of Russia. The article notes the considerable lag of normative framework providing fire and explosion safety of objects related to the large tonnage turnover of Liquefied Petroleum Gas (LPG) and Liquefied Natural Gas (LNG), especially in ensuring measures to prevent explosions during the accidents at these objects, in providing techniques and methods of fire-fighting of cryogenic flammable liquids and technological methods of elimination of consequences of such accidents. The article describes the specific structural, situational, thermodynamic and thermophysical characteristics of the objects related to the turnover of LPG and LNG, these substances themselves and potential serious consequences of such accidents caused by these substances. The final part of the article presents the results of authors' research on the development of innovative technologies to prevent (or cardinal reduce the power) explosions during accidents of this kind, development of new techniques and methods of fire-fighting of cryogenic flammable liquids: and technological methods and means of fire and explosion safety elimination of consequences of these accidents. The article also proposes specific types and settings of fire-technical and fire-fighting equipment for realization of new technologies to prevent explosions, fire-fighting and elimination of the consequences of serious accidents on the objects of FEC related to the turnover of LPG and LNG.

Keywords: liquefied petroleum gas (LPG); liquefied natural gas (LNG); installations of combined fire-fighting “Blizzard” (ICFF “Blizzard”); fire-fighting of LPG and LNG; knocking over the accidents; fuel and energy complex (FEC); methane carriers.

REFERENCES

1. Kapustin V. Novyye tekhnologii v rossiyskoy neftepererabotke i neftekhimii [New technologies in Russian refining and petrochemical industries]. *Delovaya Rossiya — Business Russia*, 2013, no. 10, pp. 32–33.
2. Sechin I. Proekty strategicheskogo naznacheniya [Projects of strategic purpose]. *Delovaya Rossiya — Business Russia*, 2012, no. 10, pp. 48–49.
3. Tagiev R. M. *Osnovnyye aspekty yedinoi tekhnicheskoy politiki v oblasti protivopozharnoy zashchity obyektov OAO "Gazprom". Sredstva spaseniya. Protivopozharnaya zashchita* [The main aspects of the unified technical policy in the field of fire protection on the objects of JSC "Gazprom". Means of salvation. Fire protection]. Moscow, Katalog Publ., 2001.
4. Tagiev R. M. Pervyye v mirovoy praktike shirokomasshtabnyye ispytaniya po prolivu szhizhennogo prirodnogo gaza i posleduyushchego yego goreniya v ramkakh nauchno-tekhnicheskogo sotrudnichestva OOO "Gazprom gazobezопасnost" i "GDF Suez S. A." [The first in the world practice large scale tests of burning and extinguishing of liquefied natural gas in the joint test of "Gazprom Gazobezопасnost" and "GDF Suez S. A."]. *Bezопасnost obyektov toplivno-energeticheskogo kompleksa — The Security and Safety of Fuel and Energy Complex Facilities*, 2013, no. 2, pp. 58–61.
5. Rachevskiy B. S. *Szhizhennyye uglevodorodnyye gazy* [Liquefied petroleum gases]. Moscow, Neft i Gaz Publ., 2009. 640 p.
6. Abduragimov I., Kuprin G. Ot novykh uspekhnv proryvnykh tekhnologiy k novym problemam pozharovzryvobezопасnosti rossiyskikh TEK, svyazannykh s proizvodstvom, khraneniem i transportirovkoй SUG i SPG [From new successes of breakthrough technologies to new problems of fire and explosion safety of Russian fuel and energy complex related to the production, storage and transportation of LPG and LNG]. *Biznes-Premyer — Business Premier*, 2013, no. 6, pp. 22–24.
7. Kuprin G. N. "Purga" — innovatsionnaya tekhnologiya pozharotusheniya ["Blizzard" — innovative technology of fire-fighting]. *Neft i gaz XXI veka — Oil and Gas of the XXI Century*, Yekaterinburg, Media Business Publ., 2013, pp. 200–201.
8. Abduragimov I., Kuprin G. Problemy pozharovzryvobezопасnosti SUG i SPG: tushit nelzya kupirovat! [Problems of fire and explosion safety of LPG and LNG: Fire-fighting or knocking over!]. Moscow, Groteck Publ., Katalog "Pozharnaya bezопасnost" — Catalogue "Fire Safety", 2014, pp. 46–50.

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

Д. В. ШИХАЛЕВ, адъюнкт ФГБОУ ВПО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: evacsystem@gmail.com)

Р. Ш. ХАБИБУЛИН, канд. техн. наук, доцент, начальник кафедры информационных технологий ФГБОУ ВПО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина 4; e-mail: kh-r@yandex.ru)

УДК 614.842

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЙ БЕЗОПАСНОЙ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ

Рассмотрены критерии беспрепятственности и своевременности эвакуации при пожаре применительно к задаче определения направлений безопасной эвакуации людей из здания. Определены требования к оптимальному пути эвакуации при пожаре, которые реализованы в математической задаче по определению направлений безопасной эвакуации людей при пожаре. В результате обобщения критериев беспрепятственности, своевременности и длины участка пути эвакуации определен комплексный оптимизационный показатель, характеризующий безопасность участка пути эвакуации для человека. Разработанная математическая модель реализована в виде компьютерной программы с применением программно-математического комплекса MatLab. Определены закономерности изменения направления безопасной эвакуации при пожаре, а также сделан вывод об эффективности предложенной методики.

Ключевые слова: система оповещения и управления эвакуацией; теория графов; многокритериальная оптимизация.

Введение

В связи с интенсивным строительством зданий торгово-развлекательных центров (ТРЦ) [1] и усложнением их внутренней планировки необходимо повышать требования к обеспечению безопасности посетителей при пожарах, в том числе к системам оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ).

По результатам опроса посетителей ТРЦ [2] установлено, что почти 80 % из них не смогли вспомнить о местонахождении хотя бы одного из эвакуационных выходов. В то же время анализ существующих систем управления эвакуацией [3] показал, что только каждая третья система определяет направления путей эвакуации с применением математического аппарата и научно обоснованных методов. Это связано со сравнительно небольшим количеством исследований в области математического обоснования выбора направления эвакуации.

Определение безопасного пути эвакуации при пожаре

Безопасность эвакуации людей при пожаре обеспечивается выполнением условий беспрепятственной и своевременной эвакуации как из здания в целом [4–7], так и на отдельных его участках в частности.

Эвакуация на участке считается беспрепятственной, если людской поток при движении по нему не только не встречает механических препятствий, но и его величина не превышает пропускной способности поперечных сечений участков пути даже при одновременном слиянии перед ним потоков с предшествующих участков [5–8].

В общем случае пропускная способность на участке пути эвакуации может быть рассмотрена как интенсивность движения людского потока по участку и представлена в виде [5]:

$$q_i = q_{i-1} b_i / b_i, \quad i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

где q_i, q_{i-1} — интенсивность движения людского потока соответственно по рассматриваемому и предшествующему ему участкам пути, м/мин; b_i, b_{i-1} — ширина соответственно рассматриваемого и предшествующего ему участков пути, м; n — количество участков на путях эвакуации.

Плотность людского потока определяется отношением произведения количества людей на площадь их горизонтальных проекций к площади участка пути эвакуации и вычисляется по выражению [5]:

$$D = Nf/(bl), \quad (2)$$

где D — плотность людского потока на рассматриваемом участке пути, м²/м²;

N — количество людей на рассматриваемом участке пути, чел.;

f — средняя площадь горизонтальной проекции человека, $\text{м}^2/\text{чел.}$;

b, l — ширина и длина рассматриваемого участка пути, м.

Эвакуация на рассматриваемом участке считается своевременной, если в процессе движения людских потоков по нему не происходит наступления критических значений одного из опасных факторов пожара (ОФП), приведенных в [9]:

$$x^\Phi < x^{\text{кр}}, \quad (3)$$

где $x^\Phi, x^{\text{кр}}$ — фактическое и критическое значения одного из опасных факторов пожара.

Таким образом, путь эвакуации при пожаре будем считать безопасным (т. е. оптимальным с точки зрения безопасности) при выполнении на всех его участках условий беспрепятственности и своевременности эвакуации.

Постановка задачи

Сформулирована задача: *определить путь эвакуации от места нахождения человека (группы людей) до безопасной зоны при следующих условиях:*

- беспрепятственности:

$$D_i \leq D_{\text{max}}; D_i \rightarrow \min, i = 1, \dots, n; \quad (4)$$

$$b_{i-1}/b_i \leq 1, i = 1, \dots, n; \quad (5)$$

- своевременности:

$$x_i^\Phi \leq x_i^{\text{кр}}; x_i^\Phi \rightarrow \min, i = 1, \dots, n, \quad (6)$$

а также при дополнительном ограничении:

$$l_i \rightarrow \min, i = 1, \dots, n, \quad (7)$$

где D_i — плотность людского потока на i -м участке пути, $\text{м}^2/\text{м}^2$;

D_{max} — максимальная допустимая плотность людского потока на участке пути, $\text{м}^2/\text{м}^2$; может приниматься в зависимости от особенностей объекта; по умолчанию $D_{\text{max}} = 0,92$ [4–7];

$x_i^\Phi, x_i^{\text{кр}}$ — фактическое и критическое значения одного из ОФП на i -м участке пути эвакуации;

l_i — длина i -го участка пути эвакуации, м.

Такую постановку задачи следует трактовать как нахождение кратчайшего пути при заданных условиях и ограничениях. Впервые задача определения кратчайшего пути эвакуации при пожаре была поставлена в [5].

В общем понимании сформулированная задача считается транспортной, а ее решение достигается одним из методов исследования операций, в частности теорией графов [10, 11].

Для решения поставленной задачи применим оптимизационный алгоритм теории графов. Направление

безопасной эвакуации должно быть определено для каждого участка пути эвакуации, что, в свою очередь, можно реализовать с помощью алгоритмов Флойда–Уоршала [12].

За вершину графа принимаем место пересечения двух и более эвакуационных путей. Две вершины графа формируют участок пути эвакуации. Кратчайший путь эвакуации из вершины i в вершину j обозначим d_{ij}^m . Цель работы алгоритма состоит в определении матрицы D , которая содержит данные по кратчайшим расстояниям по путям эвакуации между вершинами i и j .

Основная идея алгоритма выражается формулой, приведенной в [13]:

$$d_{ij}^m = \min \{d_{im}^{m-1} + d_{mj}^{m-1}, d_{ij}^{m-1}\}, \quad (8)$$

где m — промежуточная вершина графа.

Рассчитав кратчайший путь, найдем наименьшее физическое расстояние между вершинами, т. е. реализуем дополнительное ограничение (7). Однако для определения безопасного направления эвакуации необходимо также учесть условия беспрепятственности и своевременности.

Ввиду того что в качестве веса ребра в алгоритме Флойда–Уоршала выступает одна переменная (расстояние), а условий и ограничений, при которых путь эвакуации считается безопасным, три, введем в качестве веса ребра комплексный показатель φ :

$$\varphi = (a; b; l), \quad (9)$$

где a — критерий беспрепятственности;

b — критерий своевременности;

l — критерий длины участка пути эвакуации.

Критерий беспрепятственности a будем определять как отношение плотности людского потока на участке пути эвакуации к максимальной плотности, не вызывающей негативных последствий для человека:

$$a = D_{\text{тек}} / D_{\text{max}}, \quad (10)$$

где $D_{\text{тек}}$ — текущая (реальная) плотность людского потока на рассматриваемом участке.

Критерий своевременности b определим как

$$b = x_{\text{реал}} / (k_b x^{\text{кр}}), \quad (11)$$

где $x_{\text{реал}}$ — текущее (реальное) значение одного из опасных факторов пожара на рассматриваемом участке пути эвакуации;

$x^{\text{кр}}$ — критическое значение одного из ОФП для человека;

k_b — коэффициент безопасности.

Критерий длины участка пути эвакуации l определим как

$$l = l_{\text{тек}} / l_{\text{max}}, \quad (12)$$

где $l_{\text{тек}}$ — длина рассматриваемого участка пути эвакуации;

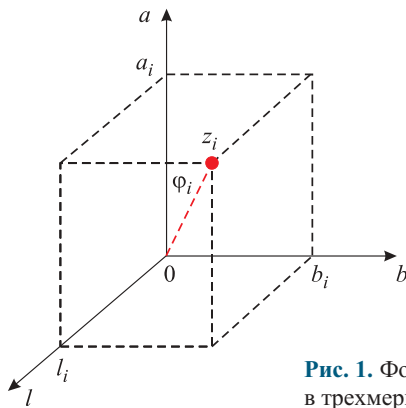


Рис. 1. Формирование точки z_i в трехмерном пространстве

$l_{\max}$ — максимальная длина участка пути эвакуации в здании.

Все критерии для решения поставленной выше задачи сведены в один комплексный показатель φ , однако следует отметить неравнозначное влияние рассмотренных критериев как на комплексный показатель, так и на конечный результат. Следовательно, необходимо определить способ вычисления комплексного показателя φ .

При получении всех необходимых исходных данных (a, b, l) образуется точка z_i в трехмерном пространстве, координаты которой определяются значениями a_i, b_i, l_i (рис. 1).

Исходя из условий минимизации каждого критерия, показатель φ может быть вычислен как расстояние от точки z_i до 0. В таком случае целесообразно применить формулу нахождения расстояния между двумя точками в трехмерном пространстве.

Уточним ранее поставленную задачу расчета направлений безопасной эвакуации с учетом оптимизации: определить оптимальный (безопасный) путь эвакуации для i -го человека ($N_1, N_2, \dots, N_i$) из места его пребывания m ($m_1, m_2, \dots, m_i$) до безопасной зоны s ($s_1, s_2, \dots, s_i$).

В качестве критерия оптимальности принимается комплексный показатель φ , в котором реализуются ранее поставленные условия:

$$\varphi = \sqrt{(\alpha a_i)^2 + (\beta b_i)^2 + (\gamma l_i)^2} \quad (13)$$

при

$$a_i \rightarrow \min, i = 1, \dots, n; b_i \rightarrow \min, i = 1, \dots, n;$$

$$l_i \rightarrow \min, i = 1, \dots, n,$$

где α, β, γ — весовые коэффициенты при a_i, b_i, l_i .

Для реализации предложенного метода определения направлений безопасной эвакуации в программно-математическом комплексе *MatLab* была разработана компьютерная программа, которая при загрузке массива данных по процессу эвакуации и распространения ОФП определяет направление безопасной эвакуации из каждого узла графа в здании. Алгоритм работы программы показан на рис. 2.

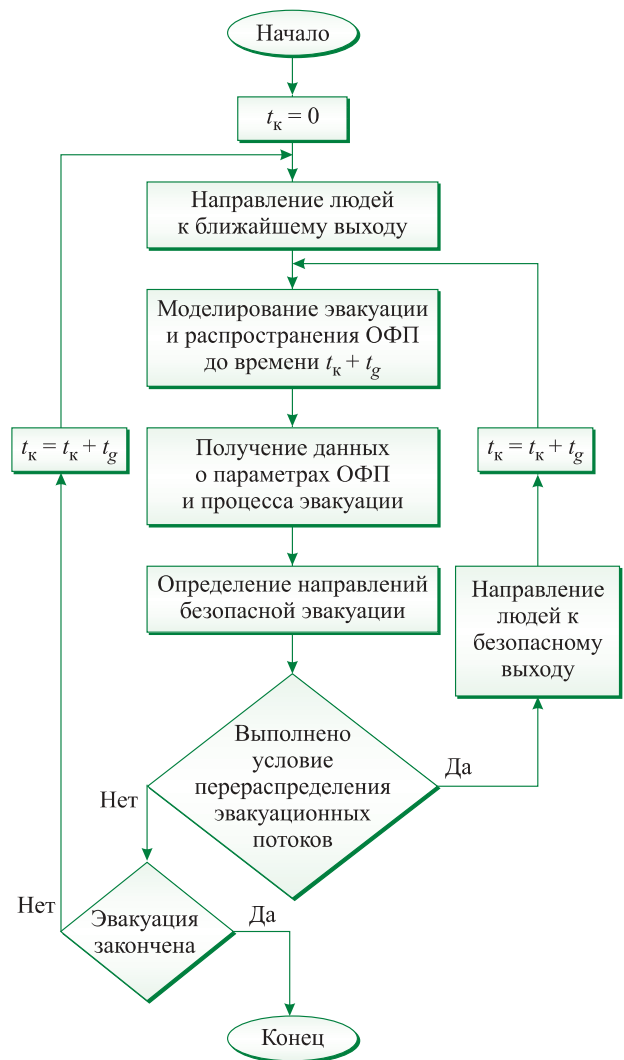


Рис. 2. Алгоритм работы программы системы управления эвакуацией, t_k — текущее время эвакуации

Основным элементом алгоритма является блок проверки наличия условия перераспределения эвакуационных потоков. Данный блок предназначен для сравнения показателя φ , характеризующего текущий путь эвакуации, с показателями φ на других путях эвакуации. В случае если значение показателя φ по текущему пути эвакуации меньше, чем по другим, эвакуируемые будут направлены по пути с наименьшим показателем φ .

Дискретность работы алгоритма t_g принята равной 10 с. В дальнейшем планируется провести дополнительное исследование для определения оптимальной дискретности и выявления степени зависимости данной величины от других параметров.

Моделирование работы системы управления эвакуацией

Для определения эффективности предложенных метода и алгоритма управления процессом эвакуации проведем моделирование процессов эвакуации

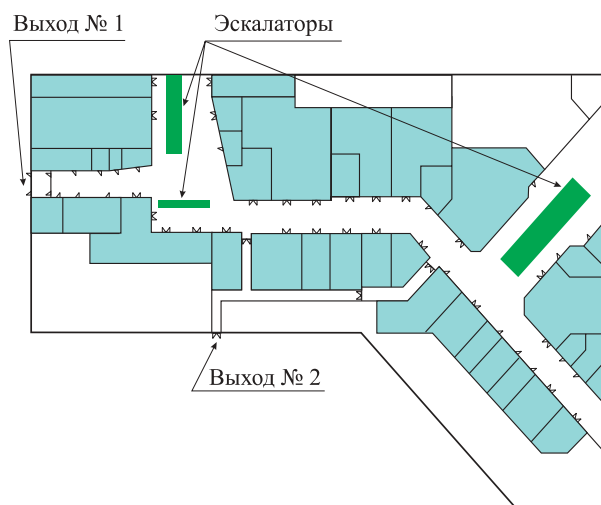


Рис. 3. План части торгово-развлекательного центра

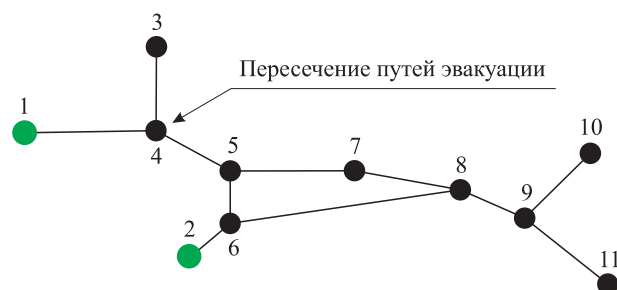


Рис. 4. Схема графа в соответствии с топологией части этажа ТРЦ

и распространения ОФП на примере части торгово-развлекательного центра (рис. 3).

На рис. 4 представлена схема графа в соответствии с топологией здания ТРЦ (см. рис. 3). Моделирование процессов эвакуации и распространения ОФП выполняется с помощью расчетного комплекса *Fenix+* [14]. Для описания динамики распространения ОФП применяется полевая модель развития пожара [8], а для определения времени эвакуации — индивидуально-потокковая модель движения людей [8].

Количество людей, участвующих в эвакуации, было принято из расчета 3 чел. на 1 м². Время начала эвакуации с момента возникновения пожара до начала эвакуации людей — 60 с. Количество эвакуируемых — 1323 чел.

В табл. 1 приведены некоторые данные, характеризующие участки путей эвакуации.

Данные для определения направлений безопасной эвакуации людей обрабатывались с дискретностью $t_g = 10$ с. Изначально для всех эвакуируемых был установлен ближайший эвакуационный выход (в предположении, что эвакуируемые будут двигаться к ближайшему выходу). Затем проводилось моделирование процесса эвакуации и распространения ОФП до времени t_k . После этого данные по количе-

Таблица 1. Характеристики участков путей эвакуации

Номер участка	Длина, м	Ширина, м	Площадь м ²
1–4	37	6,4	236,8
3–4	33	16,0	414,3
4–5	31	8,2	230,8
5–7	24	8,7	208,8
7–8	34	8,2	278,8
5–6	19	2,0	38,0
2–6	19	2,0	38,0
6–8	58	2,0	116,0
8–9	16	8,7	139,2
9–10	44	16,4	613,8
9–11	43	8,2	352,6

ству людей и значения ОФП на участках записывались в два отдельных массива, которые загружались в разработанную программу для определения направлений безопасной эвакуации в соответствии с (13). Если условие перераспределения эвакуационных потоков выполнялось, то маршрут движения эвакуируемых меняли в соответствии с новым маршрутом, предлагаемым программой.

Целью моделирования является выявление закономерностей изменения направлений безопасной эвакуации, определение условий, при которых происходит перераспределение эвакуационных потоков, а также оценка эффективности предложенных математической модели и алгоритма.

В рамках моделирования решаются следующие задачи:

- 1) моделирование процесса эвакуации и распространения ОФП без применения предлагаемых модели и алгоритма;
- 2) моделирование процесса эвакуации и распространения ОФП с применением предлагаемых модели и алгоритма при различных вариациях весовых коэффициентов в выражении (13);
- 3) сравнение результатов моделирования, анализ процесса и оценка времени эвакуации.

Сценарий 1. Моделирование процесса эвакуации и распространения ОФП без применения программы и анализ результатов

На рис. 5 показано размещение людей перед началом эвакуации, а также траектории их движения, а на рис. 6 — основные этапы процесса эвакуации.

Результаты моделирования процесса эвакуации представлены в табл. 2.

Данные, приведенные в табл. 2, свидетельствуют о неравномерности распределения людей по эвакуационным выходам. Так, 30 % людей эвакуиру-

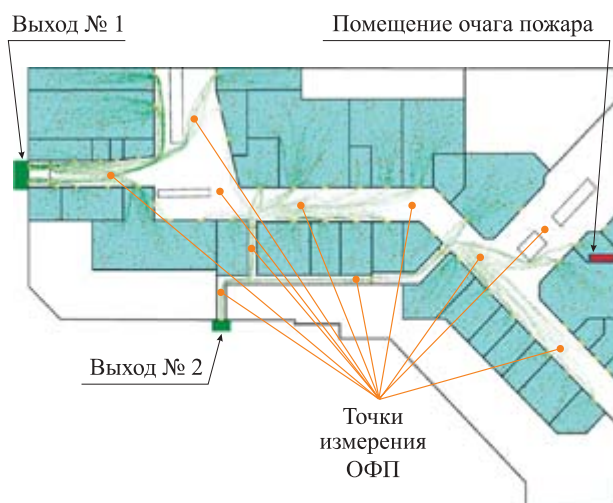


Рис. 5. Размещение людей и траектории их движения по путям эвакуации

ются в течение первой минуты (с момента начала движения людей), а остальные 70 % — в течение 4 мин. Выход № 1 был свободен в течение 60,7 % от общего времени эвакуации. Из рис. 6,б видно, что на 145-й секунде выход № 1 уже свободен, а люди,

эвакуирующиеся через выход № 2, все еще находятся на участках пути эвакуации.

На рис. 7 показана динамика распространения ОФП по рассматриваемой части ТРЦ.

Из рис. 7 видно, что во время эвакуации посетителей ТРЦ не наблюдается наступления критических значений ОФП на участках пути эвакуации. Однако при увеличении времени начала эвакуации возможно наступление ОФП в момент эвакуации людей. Ввиду того что место очага пожара для всех сценариев одинаково и геометрические параметры объекта не изменяются, принимаем, что сценарий распространения ОФП будет аналогичен сценарию 1.

Результаты моделирования свидетельствуют о том, что для большинства эвакуируемых ближайшим является выход № 2, поэтому большая часть посетителей направится именно к нему. Результатом этого будет неравномерное распределение людей по выходам, что приведет к увеличению времени их эвакуации. Предполагаем, что при равномерном распределении людей по эвакуационным выходам следует ожидать сокращения времени эвакуации. Для решения этой задачи применим разработанные мето-

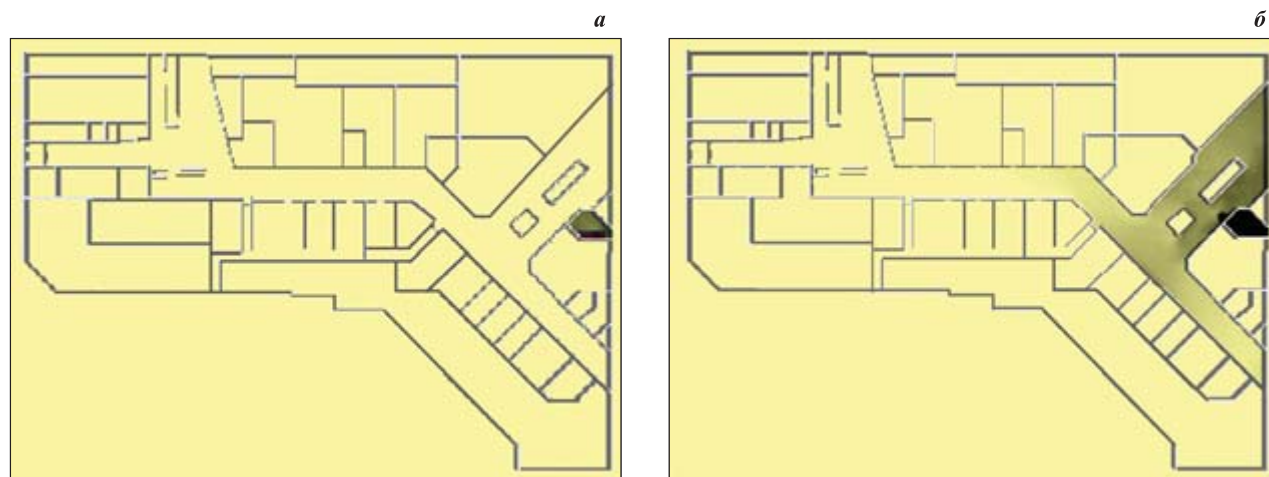


Рис. 6. Процесс эвакуации людей из рассматриваемой части ТРЦ по сценарию 1 в различные моменты эвакуации: а — 88-я секунда; б — 145-я секунда; в — 231-я секунда; г — 288-я секунда

Таблица 2. Данные моделирования процесса эвакуации по сценарию 1

Номер выхода	Количество эвакуируемых, чел.	Время эвакуации, с		Число эвакуированных, % от общего числа эвакуируемых	Коэффициент использования выхода*, %	Время скопления эвакуируемых, с
		первого человека	последнего человека			
1	395	65,6	124,6	30	39,3	221,2
2	928	81,4	316,8	70	100	

* Коэффициент использования выхода — отношение времени эвакуации через рассматриваемый выход к общему времени эвакуации.

**Рис. 7.** Распространение ОФП по рассматриваемой части ТРЦ (сценарий 1) на 90-й (а) и 288-й (б) секундах эвакуации

дику и алгоритм, которые были приведены в предыдущей части статьи.

Сценарий 2.

Моделирование процесса эвакуации и распространения ОФП с применением предложенных модели и алгоритма и анализ результатов

Предполагаем, что при вариациях коэффициентов α , β и γ в (13) процесс эвакуации будет протекать по различным вариантам сценария. Весовые коэффициенты должны быть выбраны так, чтобы выполнялось выражение

$$\alpha + \beta + \gamma = 1. \quad (14)$$

Следует отметить тот факт, что скорость нарастания ОФП велика (соответственно, промежуток времени с момента регистрации первого значения ОФП до достижения предельно допустимых значений будет мал) [9], а дискретность моделирования принята равной 10 с. В связи с этим в случае регистрации на участке каких-либо значений ОФП путь эвакуации из дальнейшего расчета исключается. Поэтому присвоим коэффициенту β бесконечно малое значение по сравнению с α и γ и в дальнейшем исключим его из рассмотрения.

В табл. 3 представлены значения весовых коэффициентов по различным вариантам сценария, при которых будет проводиться дальнейшее моделирование.

Таблица 3. Вариации весовых коэффициентов α и γ

Коэффициент	Вариант сценария								
	2а	2б	2в	2г	2д	2е	2ж	2з	2и
α	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
γ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

Результаты моделирования с учетом весовых коэффициентов α и γ (см. табл. 3) представлены в табл. 4.

На основе анализа данных табл. 4 можно сделать ряд выводов. Предложенные методика и алгоритм определения направлений безопасной эвакуации позволяют обеспечить более равномерное (по сравнению со сценарием 1) распределение эвакуационных потоков на путях эвакуации к выходам, что в свою очередь приведет к сокращению времени эвакуации людей. Наименьшее время эвакуации достигается при перераспределении людских потоков на 30-й секунде, когда на участках пути эвакуации плотность людского потока превышает или равна $0,171 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Однако в вариантах сценария 2е–2и перераспределение эвакуационных потоков не выполняется. Это объясняется тем, что при соответствующих им весовых коэффициентах (см. табл. 3) происходит уменьшение важности критерия α по сравнению с критерием γ .

Таблица 4. Моделирование процесса эвакуации и распространения ОФП по вариантам сценария 2а–2и

№ п/п	Вариант сценария	Время эвакуации, с	Время перераспределения эвакуационных потоков с начала эвакуации, с	Плотность людского потока на участках*, м ² /м ²	Распределение людей по эвакуационным выходам				Коэффициент использования выхода, %		Время скопления эвакуируемых, с	Сокращение времени эвакуации по сравнению со сценарием 1, %
					№ 1		№ 2		№1	№2		
					чел.	%	чел.	%				
1	2а	211,0	30	0,171	808	61	515	39	81,7	100	63,2	31,40
2	2б	229,8	50	0,264	720	55	603	45	80,3	100	100,2	27,46
3	2в	230,6	60	0,306	707	54	616	46	82,1	100	132,4	27,20
4	2г	315,4	120	0,363	595	45	728	55	77,6	100	219,3	0,44
5	2д	316,8	—	—	395	30	928	70	39,3	100	221,2	0,00
6	2е	316,8	—	—	395	30	928	70	39,3	100	221,2	0,00
7	2ж	316,8	—	—	395	30	928	70	39,3	100	221,2	0,00
8	2з	316,8	—	—	395	30	928	70	39,3	100	221,2	0,00
9	2и	316,8	—	—	395	30	928	70	39,3	100	221,2	0,00

* Средняя плотность людского потока на участках в момент перераспределения эвакуационных потоков.

Отсюда следует, что перераспределение эвакуационных потоков будет зависеть от отношения между критериями a и l . Данное отношение определим переменной δ^i , которая будет являться суммой разности между критериями a и l на всех участках пути эвакуации от рассматриваемой точки до безопасной зоны:

$$\delta^i = \sum_{i=1}^n (a_j^i - l_j^i), \quad (15)$$

где i — путь эвакуации из точки m (местонахождение человека или группы людей) в безопасную зону;

j — участок пути эвакуации;

n — количество участков на пути эвакуации.

В ситуации, когда имеется два пути эвакуации (№ 1 и № 2), необходимо провести сравнение между δ^1 и δ^2 для принятия решения о перераспределении эвакуационных потоков:

- если $\delta^1 > \delta^2$ — то направлять эвакуируемых по пути к выходу № 2;
- если $\delta^1 < \delta^2$ — то направлять эвакуируемых по текущему пути к выходу № 1.

Рассмотрим геометрический смысл параметра δ^i (рис. 8). Значение δ^i вычисляется в каждый момент времени τ . Чем меньше значение δ^i , тем предпочтительнее становится данный путь по сравнению с другим, для которого значение δ^i больше.

На рис. 8 отражена ситуация, при которой критерий беспрепятственности участка пути эвакуации a преобладает над критерием длины участка пути эвакуации l на участке [40; 200], т. е. ограничен снизу параметром l . Следовательно, можно утверждать, что в любой интервал времени [40; 200] оптимальным решением будет перераспределение эвакуационных потоков.

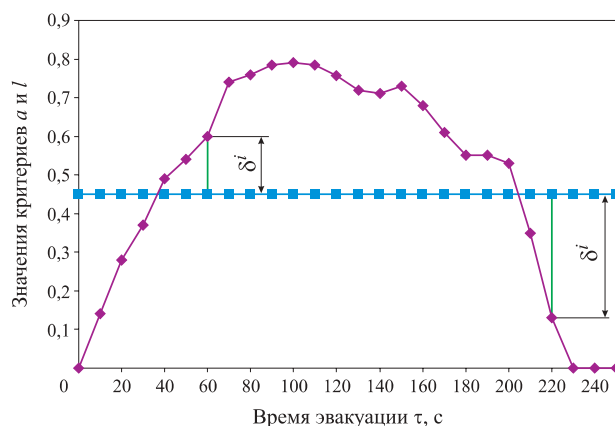


Рис. 8. Изменение параметров a (◆) и l (■) во времени на участке пути эвакуации

Таким образом, перераспределение эвакуационных потоков с пути к выходу № 2 в направлении к выходу № 1 будет происходить, когда сумма разностей между критериями a и l на всех участках пути к выходу № 2 будет больше, чем на пути к выходу № 1.

Заключение

Разработаны математическая модель и алгоритм определения направлений безопасной эвакуации при пожаре, на основании которых предложена методика управления процессом эвакуации из здания. Результаты компьютерного моделирования на примере части ТРЦ показали, что установление важности критерия беспрепятственности пути эвакуации a на уровне 90 % позволяет сократить время эвакуации посетителей центра на 31,5 %, а уменьшение веса данного критерия до 70–80 % сокращает время эвакуации в среднем на 27,3 %.

Результаты исследования дают основание считать, что предлагаемая программа позволяет выявить оптимальный (с точки зрения безопасности) путь эвакуации, тем самым давая лицу, принимающему решение по эвакуации при пожаре, возможность обоснованного выбора направлений безопасной эвакуации.

Реализация положений предложенных методики и алгоритма определения направлений безопасной эвакуации при построении СОУЭ 4-го и 5-го типов позволит качественно улучшить и структурировать

процесс управления эвакуацией. Появляется возможность управлять этим процессом с помощью динамических указателей [15, 16], на основании которых можно определять направления безопасной эвакуации с применением предложенного метода и алгоритмов.

В дальнейшем планируется совершенствование методики и алгоритмов управления процессом эвакуации, а также проведение дополнительных численных экспериментов с применением других моделей движения людских потоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шакирова А. Ф. Особенности проектирования систем оповещения и управления эвакуацией для торгово-развлекательных комплексов // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. — Июнь 2009. — Вып. № 3. — 5 с. URL : <http://ipb.mos.ru/ttb/2009-3/2009-3.html> (дата обращения: 08.2013 г.).
2. Carattin E. Wayfinding architectural criteria for the design of complex environments in emergency scenarios. Advanced research workshop proceedings. — Santander : Universidad de Cantabria, 2011. — P. 209–222.
3. Шихалев Д. В., Хабибулин Р. Ш. Системы управления эвакуацией в зданиях торгово-развлекательных центров // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 6. — С. 61–65.
4. Предтеченский В. М., Милинский А. И. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков : учебное пособие для вузов. — 2-е изд., доп. и перераб. — М. : Стройиздат, 1979. — 375 с.
5. Холщевников В. В. Оптимизация путей движения людских потоков. Высотные здания : дис. ... канд. техн. наук. — М., 1969. — 251 с.
6. Холщевников В. В., Самошин Д. А. Эвакуация и поведение людей при пожарах : учебное пособие. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2009. — 212 с.
7. Методы расчета времени эвакуации людей из зданий и сооружений : учебное пособие / Под ред. В. С. Артамонова. — СПб. : СПб ун-т ГПС МЧС России, 2009.
8. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : приказ МЧС России от 30.06.2009 г. № 382; введ. 30.06.2009 г. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
9. Кошмаров Ю. А., Пузач С. В., Андреев В. В. и др. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении : учебное пособие. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2012. — 126 с.
10. Панюкова Т. А. Комбинаторика и теория графов : учебное пособие. — М. : Книжный дом “ЛИБРОКОМ”, 2012. — 208 с.
11. Вентцель К. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. — 2-е изд., стер. — М. : Наука, 1988. — 208 с.
12. Шихалев Д. В., Хабибулин Р. Ш. О подходах к управлению эвакуацией при пожаре с применением теории графов // Дискретная оптимизация и исследование операций : матер. междунар. конф. — Новосибирск : Изд-во Института математики им. Соболева РАН, 2013. — 173 с.
13. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах / Пер. с англ. — М. : Мир, 1981.
14. Руководство пользователя Fenix+ 1.0.44. URL : http://mst.su/fenix/download/User_Guide/index.htm (дата обращения: 10.2013 г.).
15. Хабибулин Р. Ш., Шихалев Д. В. Электронный динамический указатель путей эвакуации при пожаре в зданиях с массовым пребыванием людей // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. — 2012. — Вып. 1 (41). — С. 1–5. URL : <http://ipb.mos.ru/ttb/2012-1/2012-1.html> (дата обращения: 10.2013 г.).
16. Световой оповещатель : патент на полезную модель № 136212 / Д. В. Шихалев, Р. Ш. Хабибулин. — Заявка № 2013118738/08; зарег. 24.04.2013.

Материал поступил в редакцию 1 ноября 2013 г.

MATHEMATICAL MODEL OF DEFINITION OF SAFE EVACUATION DIRECTIONS IN CASE OF FIRE

SHIKHALEV D. V., Postgraduate Student, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: evacsysteam@gmail.com)

KHABIBULIN R. Sh., Candidate of Technical Sciences, Docent, Head of Information Technologies Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: kh-r@yandex.ru)

ABSTRACT

The criteria of smooth and timely evacuation in case of fire in relation to the problem of determining the direction of the safe evacuation of the building were considered.

Requirements to the optimal escape route in case of fire were determined. The requirements were used to development of a mathematical model of determining the directions for safe evacuation in case of fire. The mathematical model was realized in the computing program for definition safe evacuation directions in buildings with using mathematical programming complex *MatLab*.

Evacuation process and spread of fire hazard were simulated in different scenarios based on the mathematical model and designed program. The result of analyses computing simulated showed efficient the mathematical model as well as the laws of change of safe evacuation directions in case of fire were identified.

Keywords: management of evacuation; graph theory; multicriteria optimization.

REFERENCES

1. Shakirova A. F. Osobennosti proektirovaniya sistem opoveshcheniya i upravleniya evakuatsiyey dlya trgovno-razvlekatelnykh kompleksov [Features of the design of warning system and evacuation management for shopping and entertainment complex]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. Internet-zhurnal — Technology Technospheric Security. Internet Journal*, June 2009, Issue 3. 5 p. Available at: <http://ipb.mos.ru/ttb/2009-3/2009-3.html> (Accessed August 2013).
2. Carattin E. *Wayfinding architectural criteria for the design of complex environments in emergency scenarios. Advanced research workshop proceedings*. Santander, Universidad de Cantabria, 2011, pp. 209–222.
3. Shikhalev D. V., Khabibulin R. Sh. Sistemy upravleniya evakuatsiyey v zdaniyakh trgovno-razvlekatelnykh tsentrov [Escape route systems at shopping malls. Paper article]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 6, pp. 61–65.
4. Predtechenskiy V. M., Milinskiy A. I. *Proektirovaniye zdaniy s uchetom organizatsii dvizheniya lyudskikh potokov* [Design of buildings considering the organization of movement of people's flows]. Moscow, Stroyizdat, 1979. 375 p.
5. Kholshchevnikov V. V. *Optimizatsiya putey dvizheniya lyudskikh potokov. Vysotnyye zdaniya. Dis. kand. tekhn. nauk* [Optimization for routes foot traffic. High rise buildings. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, 1969. 251 p.
6. Kholshchevnikov V. V., Samoshin D. A. *Evakuatsiya i povedeniye lyudey pri pozharakh* [Evacuation and behavior of people in case of fires]. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2009. 212 p.
7. Artamonova V. S. (ed.) *Metody rascheta vremeni evakuatsii lyudey iz zdaniy i sooruzheniy* [Methods for calculating the time of people's evacuation from buildings and facilities]. St. Petersburg, St. Petersburg State Fire University Publ., 2009.
8. *Technique of determination of settlement sizes of fire risk in buildings, constructions and structures of various classes of functional fire danger. Order of Emercom of Russia on 30.06.2009 No. 382*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009 (in Russian).
9. Koshmarov Yu. A., Puzach S. V., Andreev V. V. et al. *Prognozirovaniye opasnykh faktorov pozhara v pomeshchenii* [Forecasting of fire hazards in the room]. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2012. 126 p.

10. Panyukova T. A. *Kombinatorika i teoriya grafov* [Combinatorics and graph theory]. Moscow, LIBROKOM Publ., 2012. 208 p.
11. Venttsel K. S. *Issledovaniye operatsiy: zadachi, printsipy, metodologiya*. 2-e izd., ster. [Operations research: objectives, principles, methodology, 2nd ed., ster.]. Moscow, Nauka Publ., 1988. 208 p.
12. Shikhalev D. V., Khabibulin R. Sh. O podkhodakh k upravleniyu evakuatsiyey pri pozhare s primeneniye teorii grafov [About approaches to evacuation control using graph theory]. *Diskretnaya optimizatsiya i issledovaniye operatsiy. Materialy mezhdunarodnoy konferentsii* [Discrete optimization and operations research. The proceedings of international conference]. Novosibirsk, Institute of Mathematics named Soboleva RAN Publ., 2013. 173 p.
13. Maynika Ye. *Algoritmy optimizatsii na setyakh i grafakh* [Optimization algorithms for networks and graphs]. Moscow, Mir Publ., 1981.
14. *Rukovodstvo polzovatelna Fenix+ 1.0.44* [Manual of Fenix+ 1.0.44]. Available at: http://mst.su/fenix/download/User_Guide/index.htm (Accessed October 2013).
15. Khabibulin R. Sh., Shikhalev D. V. Elektronnyy dinamicheskiy ukazatel putey evakuatsii pri pozhare v zdaniyakh s massovym prebyvaniyem lyudey [Dynamic electronic indicator of ways of evacuation during fire in buildings with mass people stay]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. Internet-zhurnal — Technology Technospheric Security. Internet Journal*, 2012, issue 1 (41). 5 p. Available at: <http://ipb.mos.ru/ttb/2012-1/2012-1.html> (Accessed October 2013).
16. Shikhalev D. V., Khabibulin R. Sh. Svetovoy opoveshchatel [Light indicator utility model]. Patent RF, no. 136212, application no. 2013118738/08.



ОГНЕТУШИТЕЛЬ РАНЦЕВЫЙ МОТОРИЗОВАННЫЙ ОПМ-4/25

По результатам работы Международного салона “Комплексная безопасность-2013” ФБУ “Авиалесоохрана” было награждено медалью “Гарантия качества и безопасности” за разработку и внедрение огнетушителя ранцевого моторизованного ОПМ-4/25.

Огнетушитель предназначен для тушения лесных пожаров мелко-дисперсной струей огнетушащего состава под давлением, для прокладки опорных полос из пены средней кратности, а также для опрыскивания от вредителей и болезней леса питомников и садов.

Производительность ОПМ-4/25 составляет 3,7 л/мин при давлении струи от 25 атм. Конструкция огнетушителя позволяет производить регулировку как производительности, так и давления, что дает возможность более экономично использовать огнетушащие растворы.

По сравнению с существующими аналогами данная модель огнетушителя имеет ряд особенностей и преимуществ:

- ◆ складную раму с эластичной емкостью для огнетушащего состава, что позволяет обеспечить более удобную его транспортировку и использование;
- ◆ ствол-распылитель со сменными насадками, что дает возможность легко создавать распыленную струю и управлять ею;
- ◆ для удобства ношения рама имеет эргономичную форму с термоизолирующим наспинником, одновременно служащим дополнительной защитой в транспортном положении;
- ◆ заплечные ремни снабжены дополнительной нагрудной застежкой и оборудованы разгрузочными карманами для использования под средства связи.

Одной заправки топливной смесью достаточно для работы в течение не менее 1,5 ч.

Применение ОПМ-4/25 позволяет в несколько раз повысить производительность труда при тушении пожаров по сравнению с использованием имеющихся моделей ранцевых лесных огнетушителей.

<http://www.aviales.ru>

www.ognebioz.ru

[О проекте](#)

[Средства ОБЗ](#)

[Производители](#)

[Средства
для нанесения](#)

[Контакты](#)

Информационный портал **Средства огне- и биозащиты**

Все об огне- и биозащите
древесины, металла,
тканей и кабельных изделий



*Капля сегодня —
уверенность завтра*

- Подробное описание каждого состава и его особенностей
- Координаты производителей
- Координаты поставщиков сырья и оборудования
- Нормативные требования

ognebioz.ru

Тел.: (495) 228-09-03



ЗАО “Инженерный центр “ЭФЭР” пожарной робототехники

185031, г. Петрозаводск, ул. Заводская, д. 4
Тел./факс: (8142) 77-49-31, 57-34-23
e-mail: marketing@firerobots.ru; www.firerobots.ru



ПОЖАРНЫЕ РОБОТЫ И СТОЛЬНАЯ ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА

в пожарной автоматике и пожарной охране.

I. Устройства формирования струй

Данной публикацией открывается цикл статей по устройству и применению пожарных роботов и ствольной пожарной техники.

Основными огнетушащими веществами, применяемыми для тушения пожаров с использованием ствольной пожарной техники, являются жидкости. В 1959 г. были опубликованы работы Н. А. Тарасова-Агалакова по гидравлике в пожарном деле¹ и А. А. Родэ по лафетным стволам². С тех пор в пожарной технике произошли значительные изменения.

Ствольная пожарная техника является одним из основных и наиболее мощных средств, используемых в пожарной охране для борьбы с пожарами. Все большее применение в пожарной автоматике находят пожарные роботы. Базовым компонентом этих устройств являются насадки для подачи огнетушащего вещества. Насадки — это специально спроектированные каналы, предназначенные для разгона жидкостей до заданной скорости, формирования струи и придания ей направленного устойчивого потока.

По форме струй различают пожарные насадки гладкоствольные или цилиндрические, используемые для формирования сплошных струй, и распыляющие или кольцевые, используемые для создания распыленных струй.

На практике используются следующие виды гладкоствольных пожарных насадков: конические, коноидальные и составные конические (рис. 1). Конические насадки имеют угол конусности от 8 до 15°. Конус насадка заканчивается, как правило, цилиндрической частью, длина которой в небольших насадках составляет около одного диаметра, а в больших — примерно 2/3–3/4 диаметра выходного сечения насадка. На конце цилиндрической части насадка обычно выполняется выемка “в четверть” для защиты его выходной кромки от повреждений. Цилиндрическая часть насадка служит для уменьшения сжатия сечения струи при выходе из него. В конической части струя с наименьшими потерями давления разгоняется до высокой скорости.

Наилучшими гидравлическими параметрами обладают коноидальные насадки, у которых коэффициенты расхода и скорости больше, чем у других типов насадков. Эти насадки рекомендуют для получения струй повышенной дальности. Большое влияние на качество струи оказывает обработка внутренних поверхностей насадка. Наилучшие результаты достигаются при полированной поверхности.

В настоящее время на смену пожарным стволам с коническими насадками, создающими сплошные струи, приходят стволы, формирующие струи распыленной воды. По ГОСТ Р 51115–97 эти стволы маркируются буквой “У”, т. е. универсальные. Стволы снабжены распыляющим кольцевым насадком (рис. 2), который имеет внутри дефлектор в виде тарельчатого

¹ Тарасов-Агалаков Н. А. Практическая гидравлика в пожарном деле. — М. : Изд-во МКХ РСФСР, 1959.

² Родэ А. А. Лафетные стволы. — М. : Изд-во МКХ РСФСР, 1959. — 84 с.

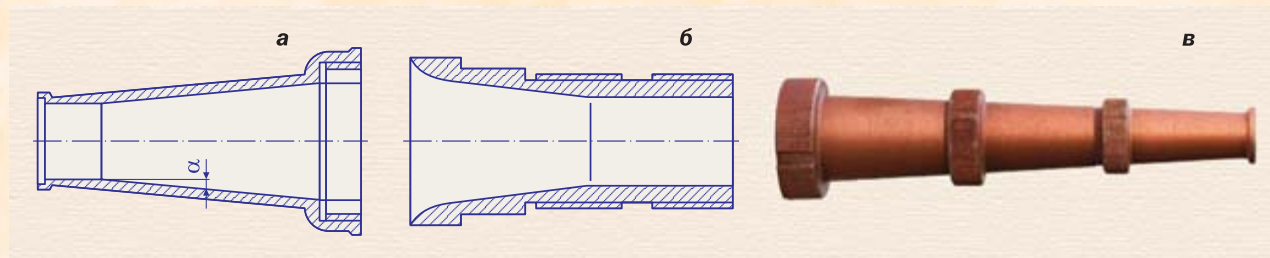


Рис. 1. Конические (а), коноидальные (б) и составные конические (в) насадки

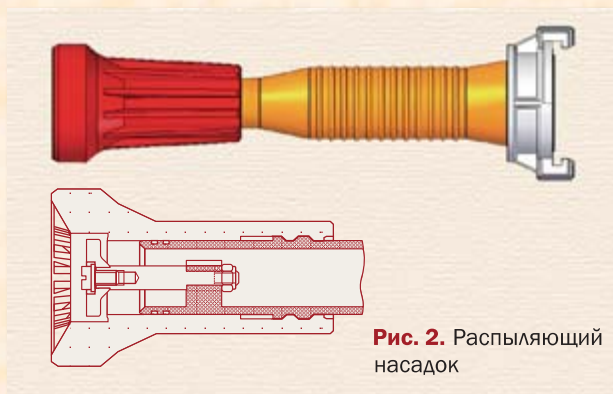


Рис. 2. Распыляющий насадок

сердечника с поверхностью параболической формы. Вода, обтекая сердечник, по кольцевому отверстию, образованному цилиндрическими стенками корпуса насадка и сердечником, выбрасывается в виде мощной струи, полый внутри. Насадок такой конструкции является наиболее экономичным по расходу воды по сравнению с любым гладкоствольным насадком.

Расход воды Q ($\text{м}^3/\text{с}$) распыляющего кольцевого насадка определяется по формуле

$$Q = \kappa \pi (R^2 - r^2) (2gH)^{1/2} = 13,90 \kappa (R^2 - r^2) H^{1/2},$$

где κ — конструктивный коэффициент насадка;

R — радиус корпуса насадка, м;

r — радиус сердечника, м;

g — ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$;

H — напор у насадка, м.

Диапазон расходов для ручных стволов составляет от 2 до 16 л/с, лафетных — от 20 до 500 л/с.

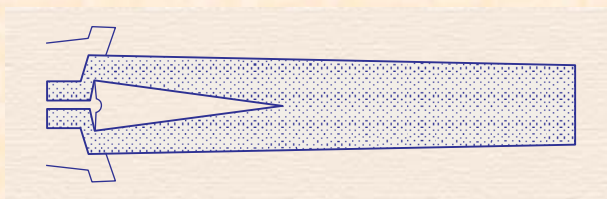


Рис. 3. Схема формирования струи из распыляющего насадка

Конструкция насадка для формирования распыленной воды выполнена таким образом, что вода проходит через кольцевой щелевой зазор на высокой скорости, в результате чего в ней образуется огромное количество мельчайших пузырьков (эффект кавитации), что приводит к дроблению струи с дисперсностью капель от 50 до 400 мкм. Вода в потоконаправляющей части насадка формируется в виде цилиндрического потока, полого внутри, диаметр которого равен внутреннему диаметру насадка. Из распыляющего насадка вода выходит с одинаковой скоростью на всех участках в разрезе струи в отличие от сплошной струи, выходящей из конического насадка, где струя имеет значительно большую скорость в центре, чем по краям, и уже на выходе имеет тенденцию к распаду. Вакуум, создаваемый внутри прямой распыленной струи, фокусирует струю к центру после прохождения небольшого расстояния от насадка (рис. 3) и равномерно заполняет весь внутренний объем распыленной капельной массой, направленный поток которой обычно называют *летающим туманом* (Jet Fog).

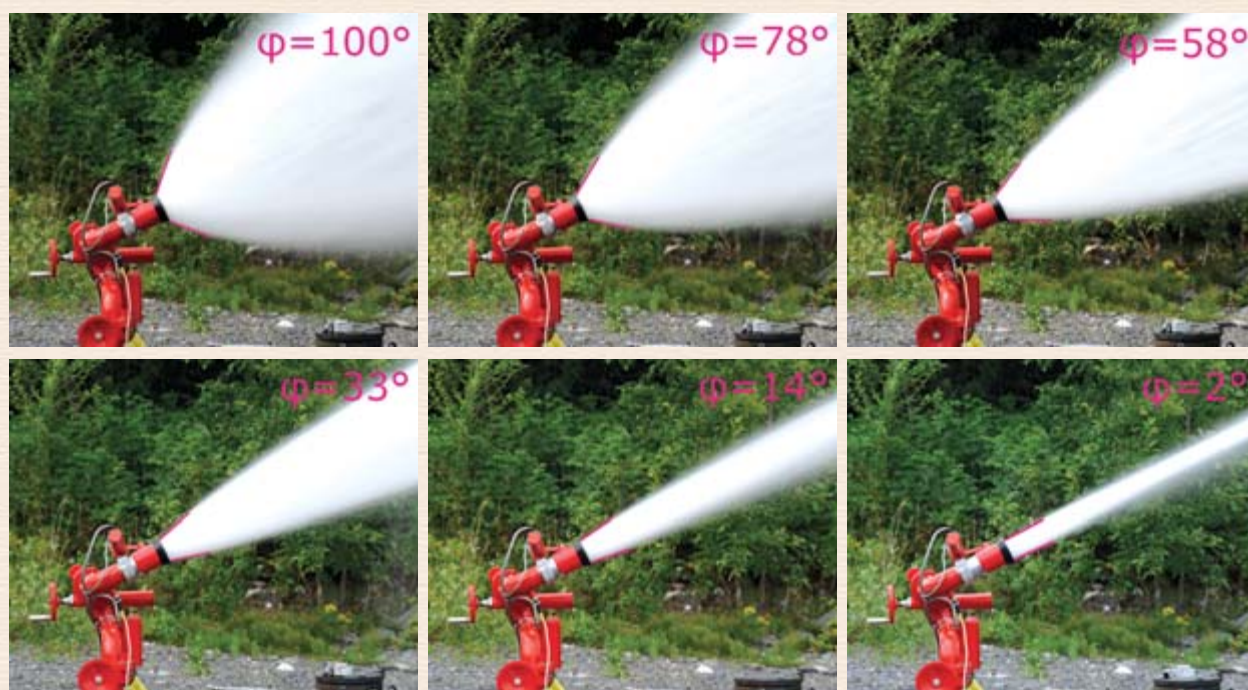


Рис. 4. Снимки струй при различных углах распыления

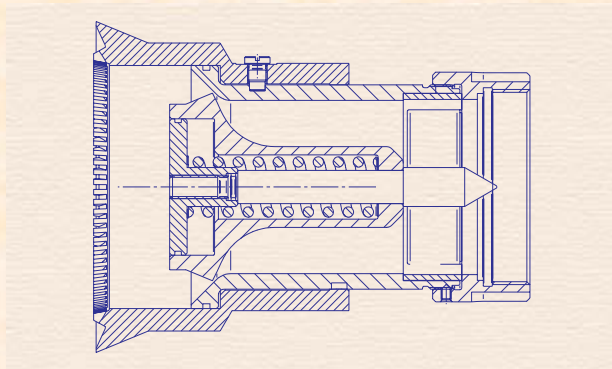


Рис. 5. Автоматический насадок в разрезе

Сформированная таким образом струя, имеющая одинаковую скорость в разрезе, получается тугой и стабильной. При оптимальном давлении (0,7 МПа) правильно отрегулированная прямая распыленная струя по дальности превосходит струю, получаемую из гладкоствольного насадка. При этом распыленная масса воды в десятки раз эффективнее сплошных водяных струй вследствие высокого поглощения ею тепловой энергии из-за многократно увеличившейся площади контактной поверхности.

Для получения пены низкой кратности не требуется менять насадок, достаточно подать лишь на вход ствола раствор пенообразователя; при этом его скорость на вылете из насадка такая же, как и воды. Пена формируется уже в полете при контакте потока распыленной массы с воздухом. В результате дальность подачи пены значительно выше, чем у стволов, формирующих воздушно-механическую пену, в которых турбулентный воздушно-пенный поток образуется уже в самом стволе.

В основном используются следующие виды распыляющих ручных стволов и насадков: с постоянным расходом, с регулируемым расходом, перекрывные, автоматические, с эжектированием пенообразователя.

Распыляющие насадки, как правило, выпускаются с возможностью изменения угла факела распыления от 0 до 120° (рис. 4). В перекрывных насадках в качестве перекрывного устройства используется тарельчатый сердечник. Насадки с регулируемым расходом дают возможность изменять расход посредством изменения величины щелевого зазора, которая регулируется поворотом втулки расхода.

Автоматические насадки поддерживают оптимальную струю при перепадах расхода в линии подачи воды. Достигается это подпружиненным тарельчатым сердеч-

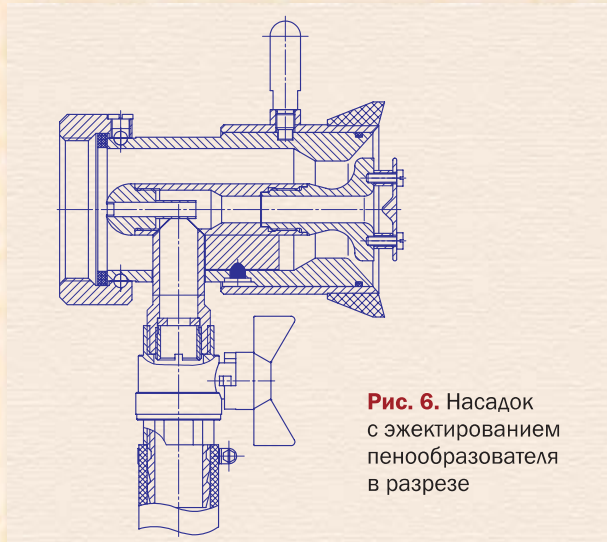


Рис. 6. Насадок с эжектированием пенообразователя в разрезе

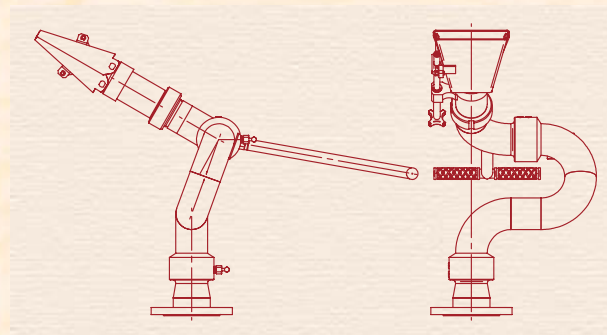


Рис. 7. Лафетный ствол с дефлекторным насадком

ником, который автоматически поддерживает давление в рабочем диапазоне путем изменения кольцевого щелевого зазора под действием пружины (рис. 5).

Насадки с эжектированием пенообразователя включают в себя эжектор, который под действием вакуума подсасывает в поток воды пенообразователь в заданной концентрации (рис. 6).

Пожарные лафетные стволы с дефлекторным насадком формируют плоскую струю, применяемую для пожаротушения и создания водяных завес (рис. 7).

Многообразие насадков, применяемых в ствольной технике, дает возможность формировать целый спектр водяных и пенных струй с широким диапазоном давлений и расходов, изменять расход и углы распыления, регулировать расход при перепадах давления. Все это позволяет более оптимально применять ствольную технику и эффективно использовать огнетушащее вещество.

© **Ю. И. ГОРБАНЬ,**

генеральный директор – главный конструктор ЗАО “Инженерный центр пожарной робототехники “ЭФЭР”, г. Петрозаводск

© **Е. А. СИНЕЛЬНИКОВА,**

канд. техн. наук, заместитель начальника отдела НИЦ ПиСТ ФГБУ ВНИИПО МЧС России, г. Балашиха Московской области

О. В. ДМИТРИЕВ, адъюнкт ФГБОУ ВПО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4); научный сотрудник экспертно-консалтингового отдела ФГБОУ ВПО Ивановский институт Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33; e-mail: olegdmitriev22@gmail.com)

О. С. МИСНИКОВ, д-р техн. наук, декан факультета природопользования и инженерной экологии ФГБОУ ВПО Тверской государственный технологический университет (Россия, 170026, г. Тверь, наб. Афанасия Никитина, 22)

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

УДК 614.842

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОФОБНО-МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ И МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ ОГNETУШАЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

Проведены исследования по определению возможности использования гидрофобно-модифицирующих добавок на основе органического вещества торфа в качестве антислеживающего агента в огнетушащих порошках. Приведена схема экспериментальной установки для исследования процессов тушения модельных очагов пожаров различных классов. Разработана оригинальная методика проведения испытаний порошковых огнетушащих составов. Представлены количественные показатели эффективности использования контрольных и гидрофобно-модифицированных огнетушащих порошков.

Ключевые слова: огнетушащий порошок; торф; гидрофобно-модифицирующая добавка; тонкодисперсный помол; водоотталкивание; экспериментальная установка; методика; тушение модельного очага.

Инновационное развитие предприятий горнодобывающей промышленности России неразрывно связано с перерабатывающим комплексом, позволяющим значительно повышать эффективность использования сырьевой базы нашей страны. В первую очередь это относится к маловостребованным на сырьевых рынках видам торфяных ресурсов, годовые объемы добычи которых составляют около 2 млн. т [1]. Развиваемое в последнее десятилетие новое научное направление, связанное с получением на основе торфяного сырья гидрофобно-модифицирующих добавок (ГМД) широкого спектра действия, должно значительно повысить инвестиционную привлекательность проектов в области торфяного производства, так как позволит получать продукцию с высокой прибавочной стоимостью.

В работе [2] опубликованы результаты исследований свойств огнетушащих составов, модифицированных гидрофобными добавками на основе торфа, которые вносились методом смешивания с компонентами порошка. В результате исследований было установлено, что использование составов на основе торфа лишь незначительно улучшает гидрофобные свойства огнетушащего порошка и уменьшает его склонность к влагопоглощению.

Для усиления эффективности использования гидрофобно-модифицирующих добавок в огнетушащих составах проводится их совместный помол с компонентами порошка в шаровой мельнице. В этом случае в результате физико-химического взаимодействия гидрофобно-модифицирующей добавки с компонентами порошка на поверхности частиц происходит образование водоотталкивающего слоя, который обеспечивает достаточно эффективную защиту модифицированных частиц огнетушащего порошка. Необходимо отметить, что практика использования такого типа добавок при помоле различных видов минеральных материалов показывает, что они являются хорошими интенсификаторами помола и позволяют увеличить условную удельную площадь поверхности частиц (при прочих равных условиях) как минимум на 5–10 % [3].

Гидрофобно-модифицирующие добавки представляют собой продукт низкотемпературной термохимической деструкции органического вещества измельченного торфа (с размером частиц менее 50 мкм), основанной на разложении органических соединений [4] и сорбции выделяемых жидких продуктов на поверхности высокодисперсных торфяных частиц. Усредненные количественные показате-

тели группового химического состава ГМД следующие: битумы — до 5 %; термобитумы — до 10 %; термодеструктурированные гуминовые вещества — до 20 %; лигнин — до 20 %; органоминеральные комплексы — до 45 % [2]. При необходимости можно усилить водоотталкивающий эффект и одновременно упростить внесение в обрабатываемый материал и дозирование ГМД благодаря ее физико-химическим свойствам, которые позволяют дополнительно насыщать ее гидрофобными компонентами.

В работе были исследованы добавки ГМД-10 и ГМД-20 на основе верхового и низинного торфа с дополнительным содержанием активных гидрофобных компонентов 10 и 20 % соответственно. В качестве образца для сравнения использовали выпускаемый в промышленных условиях огнетушащий порошок Волгалит-АВС. Контрольный образец получали методом совместного помола в шаровой мельнице компонентов промышленного порошка без гидрофобных добавок (белая сажа, аэросил и др.). В экспериментальных составах традиционный гидрофобизирующий компонент [5, 6] был заменен ГМД. Помол осуществляли в течение 25 мин до достижения удельной площади поверхности 380–400 м²/кг.

Оценку влияния ГМД на огнетушащую способность порошков при тушении модельных очагов пожара классов А и В проводили на специально изготовленной лабораторной установке на кафедре пожарной профилактики в составе учебно-научного комплекса “Государственный надзор” Ивановского института ГПС МЧС России.

Принцип работы установки заключается в следующем (рис. 1). Компрессор 2, привод которого осуществляется при помощи электродвигателя 1, по шлангам высокого давления 3 нагнетает давление в промежуточную емкость 5, которое контролируется манометром 4. Далее при открытии электромагнитного клапана 7 происходит резкий выброс сжатого воздуха по шлангам высокого давления в устройство для подачи порошка 8. Доза огнетушащего порошка, которая содержится в резервуаре устройства для подачи порошка, при гидравлическом ударе переходит во взвешенное состояние и выбрасывается на модельный очаг пожара 9. Высота устройства для подачи порошка относительно модельного очага может регулироваться с помощью штатива 6.

Разработанные для проведения исследований установка и методика значительно отличаются от аналогичных, используемых в настоящее время в России [7, 8]. Лабораторная установка имеет изменяемый угол атаки газопорошковой струи, что позволяет моделировать процесс тушения огнетушителем, а также модулями порошкового пожаротушения. В установке предусмотрена возможность

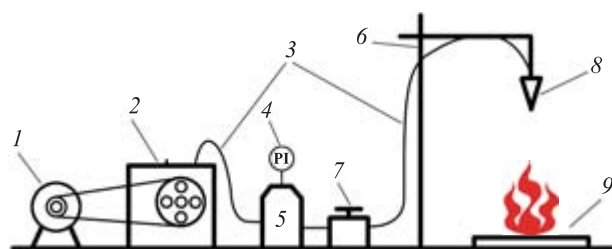


Рис. 1. Принципиальная схема установки для определения огнетушащей способности порошков: 1 — электродвигатель; 2 — компрессор; 3 — шланги высокого давления; 4 — манометр; 5 — промежуточная емкость; 6 — штатив; 7 — электромагнитный клапан; 8 — устройство для подачи порошка; 9 — модельный очаг пожара

выбора модельного очага пожара, что дает возможность проводить эксперименты с жидкими и твердыми горючими нагрузками. При этом площадь модельного очага с жидким топливом может варьироваться путем изменения диаметра ограничивающего кольца. Размеры модельного очага с твердой горючей нагрузкой выбираются путем изменения массы последней. Возможность подачи в зону горения строго контролируемого количества огнетушащего порошка обеспечивает высокую точность сравнительной оценки его огнетушащей способности. Такое преимущество достигается за счет особой конструкции устройства для подачи порошка (рис. 2), причем возможность смены насадков, имеющих определенный диаметр, позволяет регулировать интенсивность его подачи.

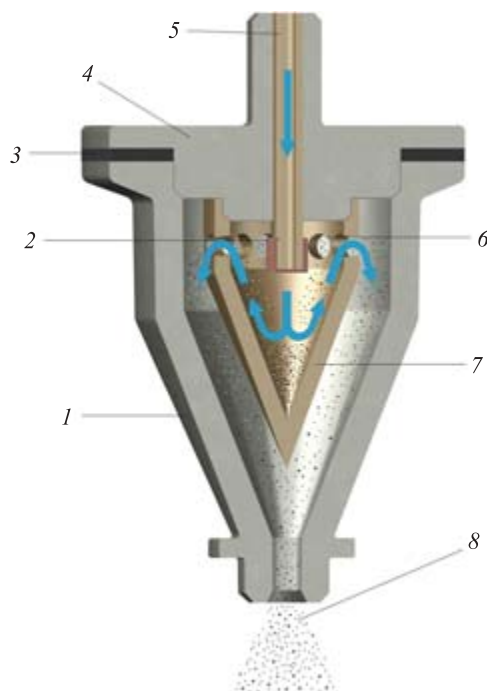


Рис. 2. Конструкция устройства для подачи порошка: 1 — корпус; 2 — насадок; 3 — прокладка; 4 — основание; 5 — трубка; 6 — выходное отверстие для порошка; 7 — резервуар; 8 — газопорошковая смесь; ➔ — движение сжатого воздуха

Методика проведения эксперимента состоит из подготовки лабораторной огнетушащей установки, выбора модельного очага пожара, его зажигания и тушения. В резервуар устройства для подачи насыпается предварительно взвешенная на электронных весах с точностью до 0,01 г порция порошка. Устройство для его подачи устанавливается на штатив, с помощью которого регулируется высота от зеркала горючей жидкости до нижнего среза устройства. Высота должна быть такой, чтобы при запуске установки основание конуса струи, выходящей из устройства для подачи порошка, было равно 0,08 м, что соответствует диаметру ограничивающего кольца (рис. 3). Далее компрессором в промежуточную емкость нагнетается воздух до достижения избыточного давления 70 кПа. Выбор такой величины, определенной экспериментально, обусловлен тем, что это минимальное давление, которое необходимо для выброса всей порции порошковой смеси из резервуара при запуске установки.

Для моделирования модельного очага пожара класса А1 (горение твердых веществ, сопровождаемое тлением) в качестве горючего материала использовали 40 брусков из дерева хвойных пород длиной 80 мм и с квадратным сечением с длиной стороны 5 мм. Влажность древесины составляла примерно 6 %.

В модельном очаге пожара класса В1 (горение жидких веществ, нерастворимых в воде) в качестве горючей жидкости использовали бензин марки АИ-80 объемом 3,5 мл. Количество горючей жидкости в испытаниях оставалось постоянным. Затем

в поддон наливали воду в таком количестве, чтобы ее зеркало полностью покрывало дно поддона, и устанавливали кольцо-ограничитель площадью 0,005 м². После подготовительных операций горючую жидкость выливали на ограниченное кольцом зеркало воды.

Время свободного горения устанавливается в зависимости от класса модельного очага. Для древесины время свободного горения принято 1 мин, а для бензина — 10 с. После стабилизации процесса горения с помощью электромагнитного клапана осуществляется пуск огнетушащего порошка. При срабатывании клапана воздух по шлангам высокого давления подается в резервуар устройства для подачи порошка. В момент попадания воздуха в камеру на порцию порошка воздействует гидравлический удар, в результате которого порошок переходит в псевдооживенное состояние и под давлением выбрасывается в зону горения модельного очага пожара (рис. 4).



Рис. 3. Регулировка необходимого диаметра струи порошка



Рис. 4. Тушение модельных очагов пожара: а — древесины; б — бензина

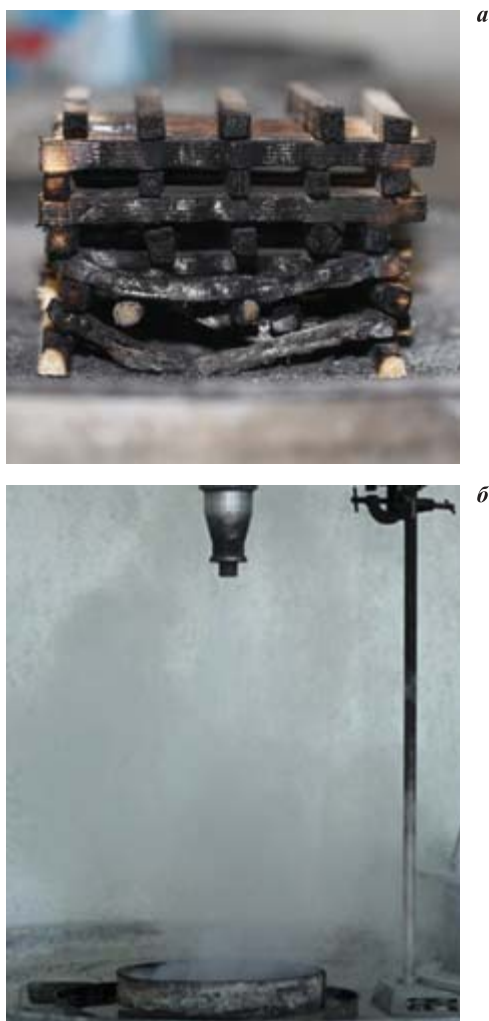


Рис. 5. Прекращение горения модельных очагов пожара в результате воздействия огнетушащего порошка: *а* — древесины; *б* — бензина

После выброса порции порошка из устройства на очаг возможны два варианта развития процесса тушения. Во-первых, это прекращение горения (рис. 5). В этом случае считается, что масса порошка достаточна для тушения. Во-вторых, после рассеивания струи порошка горение может не прекратиться либо возможно повторное воспламенение очага. В этом случае можно сделать вывод, что массы порошка не хватает для ликвидации возгорания.

В результате исследований по тушению модельных очагов пожаров (класс В1) установлено, что экспериментальные огнетушащие составы по своим качественным характеристикам соответствуют выпускаемому в промышленных условиях огнетушащему порошку Волгалит-АВС (см. таблицу).

Для отработки методики испытаний и сравнительного анализа свойств экспериментальных порошков в исследованиях были использованы порошки Волгалит-АВС и ИСТО-1, применяемые для тушения пожаров классов А, В, С и электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Их коли-

Результаты испытания огнетушащей способности порошков (класс пожара В1)

№ п/п	Вид огнетушащего порошка	Содержание ГМД, %	Масса ГМД, необходимая для тушения, г
1	Контрольный	—	0,3
2	Волгалит-АВС (промышленный)	—	0,3
3	ИСТО-1 (промышленный)	—	0,3
4	ГМД 10-3N (экспериментальный)	3	0,3
5	ГМД 10-2N (экспериментальный)	2	0,2
6	ГМД 10-3W (экспериментальный)	3	0,4
7	ГМД 10-2W (экспериментальный)	2	0,3

чество также соответствовало среднему значению (0,3 г), принятому для всех исследуемых составов. Необходимо отметить, что в некоторых экспериментах в модифицированных порошках зафиксировано снижение их количества, необходимого для тушения модельного очага, на 34 % (см. таблицу, поз. 5), а также увеличение расхода на 33 % (см. таблицу, поз. 6) при прочих равных условиях. По всей вероятности, это свидетельствует о том, что 2 %-ная концентрация добавки в порошке является предельным значением и граничным условием для решения задачи по количественной оптимизации состава, что хорошо согласуется с ранее полученными данными для минеральных вяжущих материалов [3]. Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что количественный (концентрация добавки в порошке) и качественный (степень гидрофобности ГМД) состав ГМД будет зависеть и от ингредиентов минеральной части огнетушащего состава. В этом случае появляется реальная возможность снизить степень насыщения торфяной матрицы дополнительными гидрофобными компонентами и, соответственно, стоимость конечного продукта.

Кроме химического состава порошка и добавок, на процесс тушения значительно влияют и физические свойства гидрофобного модификатора. Например, при снижении насыпной плотности экспериментального порошка ГМД 10-3W соответственно увеличивается его расход.

Таким образом, разработанные составы огнетушащих порошков с гидрофобно-модифицированными добавками на основе органического вещества торфа соответствуют критериям по огнетушащей способности и позволяют организовать их производство в промышленных условиях без изменения реально применяемых технологических процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гогин Д. Ю. О развитии использования местных возобновляемых источников топлива в топливно-энергетическом балансе России // Торф и бизнес. — 2007. — № 7. — С. 5–8.
2. Дмитриев О. В., Мисников О. С., Попов В. И. Исследование свойств огнетушащих составов, модифицированных гидрофобными добавками на основе торфяного сырья // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 5. — С. 81–86.
3. Мисников О. С. Исследование свойств портландцемента, модифицированного гидрофобными добавками на основе торфа // Все материалы. Энциклопедический справочник. — 2013. — № 8. — С. 35–43.
4. Раковский В. Е., Каганович Ф. Л., Новичкова Е. А. Химия пирогенных процессов. — Минск : Изд-во АН БССР, 1959. — 208 с.
5. Баратов А. Н., Вогман Л. П. Огнетушащие порошковые составы. — М. : Стройиздат, 1982. — С. 26–27.
6. Абдурагимов И. М. О механизмах огнетушащего действия средств пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 4. — С. 60–82.
7. Сабинин О. Ю. Оптимальные характеристики огнетушащих порошков и параметры их подачи для импульсных модулей порошкового пожаротушения : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03. — М., 2008. — 14 с.
8. Бухтояров Д. В. Лабораторные испытания и методика определения огнетушащей концентрации порошковых составов при их подаче сверху // Пожарная безопасность. — 2010. — № 3. — С. 130–133.

Материал поступил в редакцию 26 декабря 2013 г.

English

METHOD FOR PRODUCING HYDROPHOBICALLY MODIFIED POWDERS AND METHOD FOR DETERMINING THEIR EXTINGUISHING ABILITY

DMITRIEV O. V., Postgraduate Student, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation); Researcher of Expert and Consulting Department, Ivanovo State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation; e-mail address: olegdmiriev22@gmail.com)

MISNIKOV O. S., Doctor of Technical Sciences, Dean of Faculty of Wildlife Management and Engineering Ecology, Tver State Technical University (Afanasiya Nikitina Embankment, 22, Tver, 170026, 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

The joint grinding of the components of the extinguishing powder and hydrophobically modifying additives (HMA) on the basis of peat organic matter in a ball mill was held in order to determine the possibility of using these additives as an anticaking agent.

Hydrophobically modifying additives are the product of the process of low-temperature thermochemical decomposition of organic matter crushed peat (particle size less than 50 microns) based on the decomposition of organic compounds and sorption of liquid products allocated on the surface of fine peat particles.

The experimental composition with HMA instead of hydrophobizing component was resulted by co-grinding of industrial powder components without hydrophobic additives (fumed silica, aerosil) in a ball mill.

The original method of testing powder extinguishing agents was developed. The research assesses the influence of water-repellent additives HMA over extinguishing powder's effect when putting out standardized classes A and B fires sources in a specially designed laboratory facility of Ivanovo Institute of State Firefighting Service of Emercom of Russia.

The developed compositions of extinguishing powders with hydrophobically modified additives on the basis of peat organic matter meet the criteria for extinguishing capability and allow to organize their production in an industrial environment without disturbing the actual technical processes used for production of powders.

Keywords: extinguishing powder; peat; hydrophobically modifying additive; fine grinding; water repellency; experimental installation; methodology; standardized fire source extinguishment.

REFERENCES

1. Gogin D. Yu. O razvitii ispolzovaniya mestnykh vozobnovlyayemykh istochnikov topliva v toplivno-energeticheskom balanse Rossii [On the development of the use of local renewable fuel in the fuel and energy balance of Russia]. *Torfi biznes — Peat and Business*, 2007, no. 7, pp. 5–8.
2. Dmitriev O. V., Misnikov O. S., Popov V. I. Issledovaniye svoystv ognetushashchikh sostavov, modifitsirovannykh gidrofobnymi dobavkami na osnove torfyanogo syrya [Investigation of dry chemicals modified by hydrophobic additives based on peat raw]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 5, pp. 81–86.
3. Misnikov O. S. Issledovaniye svoystv portlandtsementa, modifitsirovannogo gidrofobnymi dobavkami na osnove torfa [Investigation of portland cement chemicals modified by hydrophobic additives based on peat raw]. *Vse materialy. Entsiklopedicheskiy spravochnik — All the Materials. Encyclopedic Reference Book*, 2013, no. 8, pp. 35–43.
4. Rakovskiy V. Ye., Kaganovich F. L., Novichkova Ye. A. *Khimiya pirogennykh protsessov* [Chemistry of pyrogenic processes]. Minsk, AN BSSR Publ., 1959. 208 p.
5. Baratov A. N., Vogman L. P. *Ognetushashchiye poroshkovyye sostavy* [Extinguishing powders]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1982, pp. 26–27.
6. Abduragimov I. M. O mekhanizmax ognetushashchego deystviya sredstv pozharotusheniya [About mechanisms of fire extinguishing action of fire extinguishing means]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 4, pp. 60–82.
7. Sabinin O. Yu. *Optimalnyye kharakteristiki ognetushashchikh poroshkov i parametry ikh podachi dlya impulsnykh moduley poroshkovogo pozharotusheniya*. Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk [Optimum performance of extinguishing powders and their flow parameters for pulse dry chemical fire fighting unit. Abstracts of cand. tech. sci. diss.]. Moscow, 2008. 14 p.
8. Bukhtoyarov D. V. Laboratornyye ispytaniya i metodika opredeleniya ognetushashchey kontsentratsii poroshkovykh sostavov pri ikh podache sverkh [Laboratory tests and method of determining the concentration of extinguishing powder formulations when applying overhead]. *Pozharnaya bezopasnost — Fire Safety*, 2010, no 3, pp. 130–133.



Пенообразователи

Шторм

Точный расчет на безопасность!

РЕКЛАМА

Шторм-ОН — синтетический углеводородный пенообразователь общего назначения. Основная область применения: для нужд пожарных бригад в городах, для тушения лесов, деревянных строений, торфяников. Относится к биологически маловредным средствам (БИО). Срок годности пенообразователя до 5 лет, после чего необходимо либо проводить дополнительные исследования, либо использовать его для учений.

ГЕФЕСТ

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ

Тел.: (495) 925 51 31

www.gefestnpk.ru

www.shtpena.ru

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

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

Е. Н. ДЕГАЕВ, аспирант кафедры комплексной безопасности в строительстве Московского государственного строительного университета (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: ICA_kbs@mgsu.ru)

УДК 614.84.664

ЛАБОРАТОРНАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗОЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ПЕНЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ГЕПТАНА

Показано, что основным механизмом огнетушащего действия пен при тушении легковоспламеняющихся жидкостей является их способность резко снижать скорость поступления паров горючего в зону формирования паровоздушной смеси. Показано также, что скорость поступления паров горючего зависит от характера взаимного смачивания горючего и пены в пограничном слое пенных пузырьков и определяется структурой пограничного слоя, формирующегося при соприкосновении пены с углеводородом. Приведены результаты исследований поверхностной активности водных растворов пенообразователей на границе с гептаном и на основе этих измерений рассчитаны кривые взаимного растекания. Предложена лабораторная методика определения изолирующей способности пены низкой кратности, которая базируется на использовании устройства для определения огнетушащей эффективности пены "подслойным" способом при ее подаче в основание емкости с гептаном. Показано, что период воспламенения гептана из-под слоя пены тесно связан с соотношением коэффициентов растекания раствора и гептана.

Ключевые слова: тушение легковоспламеняющихся жидкостей; гептан; "подслойный" способ тушения; пенообразователь; кратность пены; огнетушащая эффективность пены; изолирующая способность пены; коэффициент растекания; поверхностное натяжение.

Изолирующие свойства пены проявляются в способности пенного слоя резко снижать скорость поступления паров горючего в зону формирования паровоздушной горючей смеси. Эти свойства обусловлены составом пенообразующего раствора и кратностью пены. Наиболее эффективными пенообразователями являются пленкообразующие составы, в которые входят фторсодержащие поверхностно-активные вещества (ФПАВ).

Отличительной особенностью таких пенообразователей является способность снижать поверхностное натяжение водного раствора до величины, которая меньше поверхностного натяжения горючего, например гептана. Если сумма поверхностного и межфазного натяжений окажется ниже 20,3 мН/м, то возникает условие для самопроизвольного формирования сплошной водной пленки под пеной за счет водного раствора, вытекающего из пены на поверхность гептана.

На рис. 1 представлен пример экспериментальных измерений поверхностной активности фторсодержащего пенообразователя Chem-R в водных

растворах на границе с гептаном. На этом же рисунке представлены кривые, характеризующие возможность взаимного смачивания и растекания водного раствора и гептана.

Коэффициенты растекания водного раствора по гептану K_{10} и гептана по раствору K_{01} рассчитывали по соотношениям [1]:

$$K_{10} = \sigma_0 - (\sigma_{10} + \sigma_1); \quad (1)$$

$$K_{01} = \sigma_1 - (\sigma_{10} + \sigma_0), \quad (2)$$

где σ_0 — поверхностное натяжение гептана, мН/м;

σ_{10} — межфазное поверхностное натяжение на границе *раствор – гептан*, мН/м;

σ_1 — поверхностное натяжение водного раствора на границе с воздухом, мН/м.

Основным механизмом огнетушащего действия пен при тушении легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) является их способность резко снижать скорость поступления паров горючего в зону формирования паровоздушной смеси. Количество пара, прошедшего через слой пены в единицу времени,

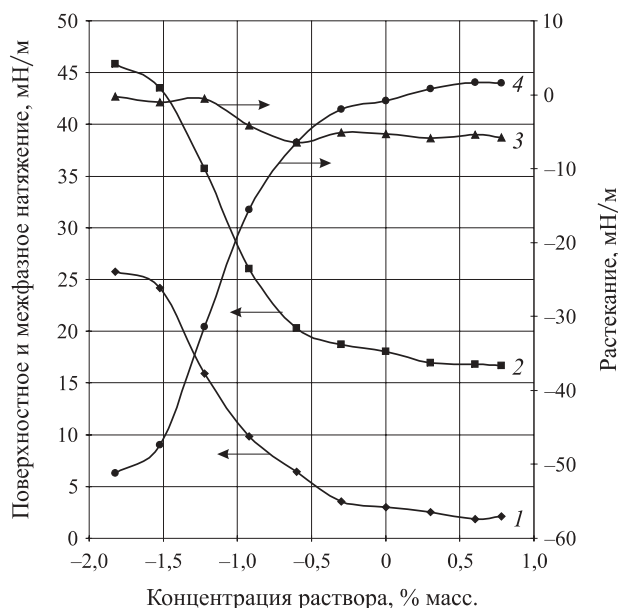


Рис. 1. Зависимость поверхностной активности пенообразователя Chem-R от концентрации водного раствора: 1, 2 — соответственно межфазное и поверхностное натяжение; 3, 4 — растекание соответственно гептана по раствору и раствора по гептану

пропорционально площади поверхности испарения, которая непосредственно не соприкасается с пенными пленками. Поэтому скорость поступления паров горючего зависит от характера взаимного смачивания горючего и пены в пограничном слое пенных пузырьков и определяется структурой пограничного слоя, формирующегося при соприкосновении пены с углеводородом.

Наибольшей эффективностью обладают пены, в основе которых формируется водная пленка. Несмотря на то что толщина пленки не превышает 50 мкм, этого достаточно, чтобы резко, на два порядка, снизить скорость поступления паров горючего в зону горения. В результате, несмотря на наличие, например, открытого пламени горелки над поверхностью гептана, воспламенения не произойдет, поскольку концентрация паров горючего в смеси с воздухом будет ниже, чем требует концентрационный предел воспламенения.

Учитывая определяющую роль растекания в обеспечении изолирующего действия пены предварительно проводили исследования поверхностной активности водных растворов пенообразователей на границе с гептаном и на основе этих измерений рассчитывали кривые взаимного растекания. Результаты измерений поверхностной активности водных растворов пенообразователя «Шторм» в широком диапазоне концентраций представлены на рис. 2.

Для фторсодержащих пенообразователей результаты, представленные на рис. 1 и 2, являются характерными. В зависимости от природы ФПАВ и их

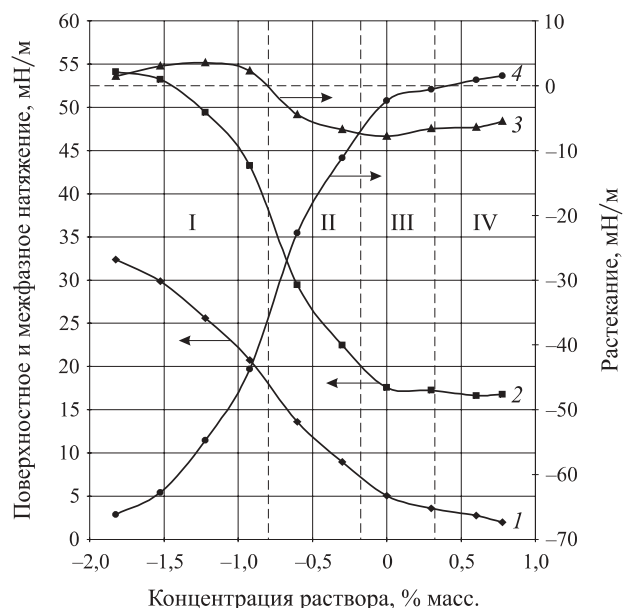


Рис. 2. Зависимость поверхностной активности пенообразователя «Шторм» от концентрации водного раствора: I–IV — характерные участки на кривых растекания; 1–4 — см. на рис. 1

концентрации в пенообразователе кривые, характеризующие их поверхностную и межфазную активность, достигают минимальных значений при низких концентрациях рабочих растворов.

Гептан способен смачивать и растекаться по пленкам водного раствора пены при низких концентрациях фторированного стабилизатора ($K_{01} > 0 > K_{10}$). При его концентрации около 0,1 % коэффициенты растекания становятся отрицательными ($0 > K_{01} > K_{10}$), т. е. в системе отсутствует взаимное растекание, но сохраняется преимущество в смачивании гептаном водных пленок пены. При концентрации около 1,0 % коэффициенты растекания становятся равными, что предотвращает взаимное растекание в системе *раствор – гептан*. При дальнейшем повышении концентрации пенообразователя коэффициент растекания раствора по гептану становится больше, чем у гептана ($0 > K_{10} > K_{01}$), а при концентрации выше 6 % — приобретает положительное значение ($0 < K_{10} > K_{01}$). В зависимости от соотношения коэффициентов растекания раствора по гептану и гептана по раствору пенообразователя реализуются различные механизмы формирования пограничного слоя *пена – гептан*.

Система кривых, представленная на рис. 2, иллюстрирует поверхностную активность пенообразователей. На этих кривых, полученных при использовании фторсодержащего пенообразователя «Шторм», так же как и для пенообразователя Chem-R (см. рис. 1), прослеживаются четыре области в зависимости от соотношения коэффициентов растекания водного раствора и гептана. При этом каждому участку со-

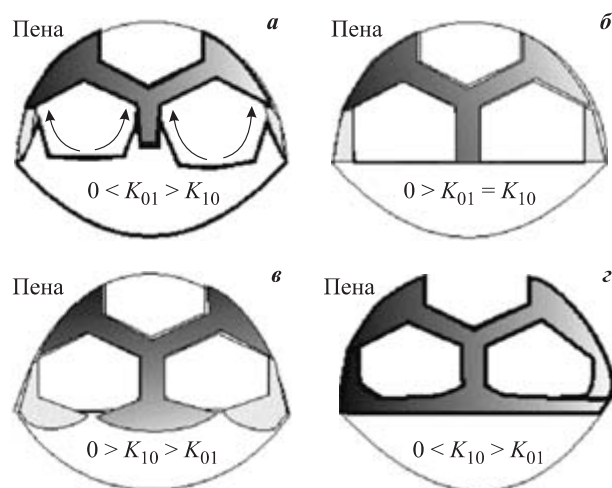


Рис. 3. Фрагменты структуры пограничного слоя пены и углеводорода

ответствует своя структура пограничного слоя между пеной и гептаном, фрагменты которой представлены на рис. 3 [2]. Так, участку I ($K_{01} > 0 > K_{10}$) соответствует фрагмент на рис. 3,а. Участок II заканчивается особой точкой, соответствующей пересечению кривых растекания раствора и гептана, что отражено на фрагменте рис. 3,б ($0 > K_{01} = K_{10}$). Участок III иллюстрируется фрагментом на рис. 3,в: площадь открытой поверхности гептана здесь минимальна и оба коэффициента имеют отрицательный знак, но $K_{10} > K_{01}$. На участке IV (см. рис. 3,г) ($0 < K_{10} > 0$) возникает возможность самопроизвольного растекания водного раствора, выделяющегося из пены, по поверхности гептана.

Однако, как показывают эксперименты, последнее условие является необходимым, но недостаточным. Часто пена за счет капиллярного давления удерживает раствор пенообразователя и не дает ему растекаться по гептану. Кроме того, в процессе взаимного контакта часть фторированного стабилизатора растворяется в поверхностном слое гептана, снижая его поверхностное натяжение. В результате водный раствор растекается по гептану, но имеет при этом пониженное поверхностное натяжение. По этой причине наблюдаются случаи, когда пленка, начав растекаться по поверхности гептана, не может удержаться на ней и возвращается к пене, открывая поверхность углеводорода.

В области больших концентраций пенообразователя коэффициент растекания его водного раствора по гептану имеет положительные значения. При концентрации более 4,0 % растворы фторсодержащего пенообразователя приобретают способность к самопроизвольному растеканию по гептану. Соответственно, и изолирующее действие растворов будет зависеть от концентрации в них пенообразователя.

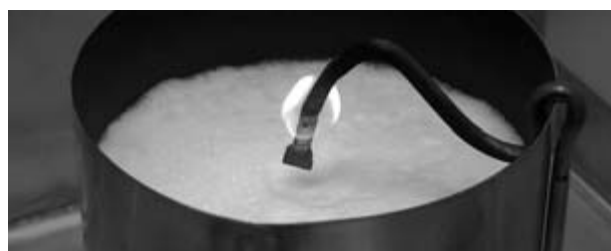


Рис. 4. Иллюстрация процесса определения времени воспламенения гептана из-под слоя низкократной пены

Проверку изолирующей способности пены обычно проводят в соответствии с ГОСТ Р 50588–2012 [3] в полигонных условиях, определяя время повторного воспламенения гептана после тушения пламени пеной. Однако это испытание трудоемко и возможно только в теплое время года. Кроме того, для его проведения требуется большой объем гептана, а после его завершения возникает проблема по утилизации использованного пенообразующего раствора и отработанного гептана.

В связи с этим была предложена лабораторная методика определения изолирующей способности пены низкой кратности, которая базируется на использовании устройства, предусмотренного ГОСТ Р 53280.2–2010* [4] для определения огнетушащей эффективности пены “подслойным” способом при ее подаче в основание емкости с гептаном. В устройство был введен дополнительный элемент — металлическая трубка, по которой к поверхности гептана подается горючий газ. Трубку устанавливают так, чтобы ее выход находился по центру горелки и на высоте 20–25 мм над уровнем гептана. Высота пламени газовой горелки, которое поддерживается над пеной непрерывной подачей горючего газа, должна составлять 10–15 мм. На рис. 4 показан рабочий момент испытаний, когда пена нанесена на поверхность гептана и в центре емкости установлен факел пламени. Эксперименты проводятся без предварительного зажигания гептана.

В соответствии с методикой [4] в металлическую емкость диаметром 150 мм и высотой 200 мм заливают гептан так, чтобы высота свободного борта составляла 50 мм (рис. 5). Трубка для подачи газа лежит рядом с закрытым вентилем подачи газа. Пену получают из водного раствора с заданной концентрацией пенообразователя на роторной мешалке, при этом ее кратность должна быть в пределах 4,0–5,0. Такая величина кратности пены объясняется тем, что при более высокой кратности процесс образования водной пленки под пенными пузырьками, а также ее растекание по гептану происходит медленнее. Пену помещают в стеклянную емкость, взвешивают и подают с помощью металлической трубки в основание емкости с гептаном. Расход воздуха, вытесня-

Состав, соответствующий участкам на рис. 2	I $0 < K_{01} > K_{10}$	II $0 > K_{01} = K_{10}$	III $0 > K_{10} > K_{01}$	IV $0 < K_{10} > K_{01}$
Время воспламенения гептана под пеной, с	Мгновенно		15–30	240–360

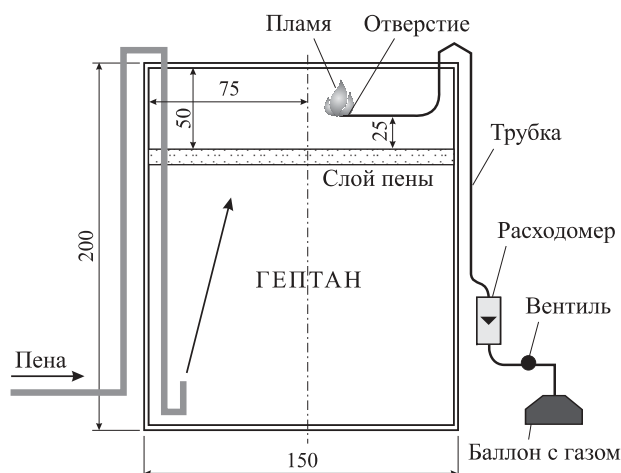


Рис. 5. Схема экспериментальной установки, предназначенной для определения времени воспламенения гептана из-под слоя низкократной пены, с дополнительным элементом

ющего пену из промежуточной стеклянной емкости, контролируется ротаметром и поддерживается редуктором в диапазоне 6–7 мл/с. Время подачи пены — 30 с. Скорость ее подачи в основание емкости с гептаном принимается в зависимости от способности пены к поглощению гептана. Массу затраченной пены определяют повторным взвешиванием промежуточной емкости после ее подачи. Она должна быть в пределах 25–30 г.

После взвешивания стакана с оставшейся пеной, спустя 20–25 с после прекращения ее подачи, зажигают газ на выходе металлической трубки. После этого включают секундомер и определяют период времени с момента зажигания факела до воспламенения паровоздушной смеси над пенным слоем.

Пена постепенно утрачивает изолирующую способность, и пары гептана проходят через слой пены, образуя горючую смесь. Наличие открытого пламени газа в непосредственной близости от пены при-

водит к воспламенению горючей смеси, и пламя, как правило, охватывает всю поверхность гептана, покрытую пеной. Пламя тушат ограничением доступа кислорода, которое достигается путем закрытия емкости с гептаном металлической крышкой.

Период времени с момента нанесения пены до загорания меняется от нескольких секунд до 10 мин, что зависит, в первую очередь, от величины коэффициента растекания водного раствора по гептану.

Для подготовки следующего опыта пену удаляют с поверхности гептана с помощью металлического ситечка и измеряют температуру гептана, которая должна быть в пределах 18–22 °С. Если температурный диапазон превышен, то в емкость необходимо добавить предварительно подготовленный перед началом испытаний чистый охлажденный гептан для снижения температуры горючего до (20 ± 2) °С.

Результаты экспериментов показывают, что период воспламенения гептана из-под слоя пены (см. таблицу) тесно связан с соотношением коэффициентов растекания раствора и гептана (см. рис. 2).

Таким образом, изолирующее действие пены начинается после достижения определенной концентрации фторированного стабилизатора в водном пенообразующем растворе. На участках I и II (см. рис. 2) воспламенение гептана происходит сразу после внесения факела пламени в емкость гептана с пеной. Составы, соответствующие участку III, способны формировать пену, которая предотвращает воспламенение гептана в течение 15–30 с. Пены, полученные из составов, соответствующих участку IV, препятствуют воспламенению гептана в течение 4–10 мин. Пены этого участка формируют водную пленку на границе с гептаном, предотвращая попадание пара горючего в зону горения. Чем выше концентрация пенообразователя, тем лучше изолирующие свойства пены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шароварников А. Ф., Молчанов В. П., Воевода С. С., Шароварников С. А. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. — М.: Изд. дом “Калан”, 2005. — 365 с.
2. Шароварников А. Ф., Шароварников С. А. Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав, свойства, применение. — М.: Пожнаука, 2005. — 335 с.
3. ГОСТ Р 50588–2012. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний. — Введ. 01.09.2012 г. — М.: Стандартинформ, 2012.
4. ГОСТ Р 53280.2–2010*. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 2: Пенообразователи для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах. Общие технические требования и методы испытаний. — Введ. 01.07.2010 г. — М.: Стандартинформ, 2010.

Материал поступил в редакцию 22 января 2014 г.

LABORATORY STANDARD TECHNIQUE FOR INSULATING PROPERTIES OF FOAM ON HEPTANE SURFACE

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

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

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

ABSTRACT

The current research demonstrates that when highly-inflammable liquids are extinguished with foams, the cardinal mechanism of extinguishing effect lies in ability of foams to reduce dramatically the flow rate of fuel into the zone where vapour-air mixture emerges. It also shows that the flow rate of fuel depends on mutual wetting of fuel and foam in the boundary layer of foam bubbles and is determined by the structure of the boundary layer which emerges when the foam contacts hydrocarbon.

There are given the research findings of surface activity of foam-and-water solution on the border with heptane, and mutual spreading curves on the basis of these measurements. There is suggested a laboratory standard technique for insulating properties of low expansion foam. This technique requires a subsurface extinguishing efficiency tester of foam to be used while the foam is being introduced to the bottom of a container with heptane. Here it is also shown that ignition time of heptane from beneath a foam layer is closely bound to a ratio of spreading rates of the solution and heptane.

Keywords: extinguishing of highly-inflammable liquids; heptane; subsurface extinguishing; foaming agent; multiplicity of foam; fire extinguishing efficiency of foam; insulating property of foam; spreading rate; surface tension.

REFERENCES

1. Sharovarnikov A. F., Molchanov V. P., Voevoda S. S., Sharovarnikov S. A. *Tusheniye pozharov nefi i nefteproduktov* [Fire extinguishing of oil and oil products]. Moscow, Kalan Publ., 2005. 365 p.
2. Sharovarnikov A. F., Sharovarnikov S. A. *Penoobrazovateli i peny dlya tusheniya pozharov. Sostav, svoystva, primeneniye* [Foam concentrates and fire extinguishing foams. Structure, properties, application]. Moscow, Pozhnauka Publ., 2005. 335 p.
3. *National Standard of Russian Federation 50588–2012. Foaming agents for fire extinguishing. General technical requirements and test methods*. Moscow, Standartinform Publ., 2012 (in Russian).
4. *National Standard of Russian Federation 53280.2–2010*. Automatic fire extinguishing systems. Fire extinguishing media. Part 2. Foam concentrates for subsurface extinguishing of fires of oil and petroleum products in tanks. General technical requirements and test methods*. Moscow, Standartinform Publ., 2010 (in Russian).

В. Н. ЛЮБИМОВ, аспирант кафедры “Безопасность жизнедеятельности и экология” Иркутского государственного университета путей сообщения (Россия, 664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15; e-mail: victorlub@yandex.ru)

А. И. СКУШНИКОВА, д-р хим. наук, профессор кафедры “Безопасность жизнедеятельности и экология” Иркутского государственного университета путей сообщения (Россия, 664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15)

Т. Г. ЕРМАКОВА, канд. хим. наук, старший научный сотрудник Иркутского института химии Сибирского отделения Российской академии наук (Россия, 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1)

Л. И. ВОЛКОВА, ведущий инженер Иркутского института химии Сибирского отделения Российской академии наук (Россия, 664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1)

УДК 614.842.615

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ПЕН ПРИ ПОМОЩИ ПОЛИМЕРНЫХ ДОБАВОК РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

Изучено влияние природы полимерных стабилизирующих добавок на устойчивость, кратность и время полного разрушения пены, полученной из водных растворов ПАВ Е-30 – полимер. Показано, что при использовании в качестве добавок поливинилтриазола, полиэтиленоксида, полиметакриловой кислоты устойчивость пены и время ее полного разрушения зависят от природы полимера и его молекулярной массы. Установлено, что наибольшее стабилизирующее действие на пенообразующий раствор оказывает сополимер винилимидазола с натриевой солью метакриловой кислоты.

Ключевые слова: пенообразователь; поверхностно-активные вещества; полимерные добавки; устойчивость пены; кратность; время полного разрушения пены; поливинилтриазол; N-винилимидазол; натриевая соль метакриловой кислоты.

Противопожарная защита объектов нефтяной и нефтехимической промышленности, транспорта и хранения нефти и перевалочных баз во многом обеспечивается за счет применения в качестве средства тушения пожаров нефтепродуктов пен различной кратности, эффективность которых зависит от состава пенообразующей композиции.

Огнетушащая эффективность пены определяется комплексом физико-химических показателей. В зависимости от назначения пены ее важнейшими свойствами могут являться такие, как изолирующая способность, термическая устойчивость, вязкость, предельное сдвиговое напряжение, кратность, самопроизвольное растекание и т. д. [1]. Достижение этих свойств обеспечивается путем разработки состава пенообразующего раствора (пенообразователя) и способа получения пены.

Особый интерес представляет рецептура растворов, позволяющая придать пене необходимые свойства — высокую устойчивость, огнестойкость и огнетушащую способность. С этой целью в рецептуре, помимо высокомолекулярных спиртов, аминов, амидов, образующих с пенообразователем водородные связи и приводящих к стабилизации пен, могут быть использованы водорастворимые поли-

меры. Применение полимеров в качестве добавки к пенообразователям, утратившим свою эффективность в связи с большим сроком хранения, приводит к повышению кратности пены, значительному увеличению ее устойчивости и времени разрушения [2].

Установлено, что природа эмульгатора (Е-30, волгонат) практически не влияет на кратность и устойчивость образующихся пен, поэтому при исследовании влияния полимерных добавок использовали эмульгатор Е-30. Суммарная концентрация ПАВ Е-30 и полимера в пенообразующем растворе составила 1 %, поскольку в промышленных пенообразующих составах концентрация ПАВ равна примерно 1 %. Именно поэтому такая концентрация ПАВ широко используется при проведении лабораторных исследований.

В качестве полимерных добавок применяли поливинилтриазол (ПВТ), полиметакриловую кислоту (ПМАК), полиэтиленоксид (ПЭО), сополимер винилтриазола (ВТ) с натриевой солью метакриловой кислоты (МАК) (25,7 и 57,6 %), сополимер винилимидазола (ВИМ) с натриевой солью метакриловой кислоты (50 %).

Результаты исследований (рис. 1) свидетельствуют о том, что среди исследуемых полимерных до-

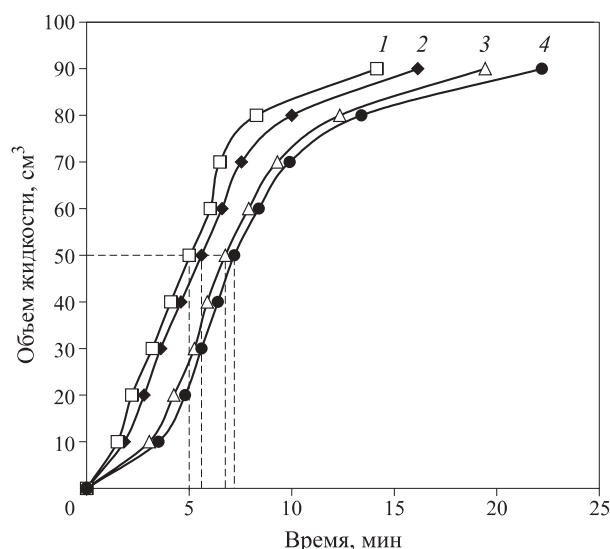


Рис. 1. Зависимость устойчивости пены, полученной на основе 1 %-ного раствора ПАВ Е-30 (алкилмоносульфонат (Германия)), от природы и молекулярной массы полимерных добавок: 1 — без добавки; 2 — 0,05 г поливинилтриазола, $M = 200000$; 3 — 0,05 г полиэтиленоксида, $M = 2100000$; 4 — 0,05 г полиметакриловой кислоты, $M = 600000$

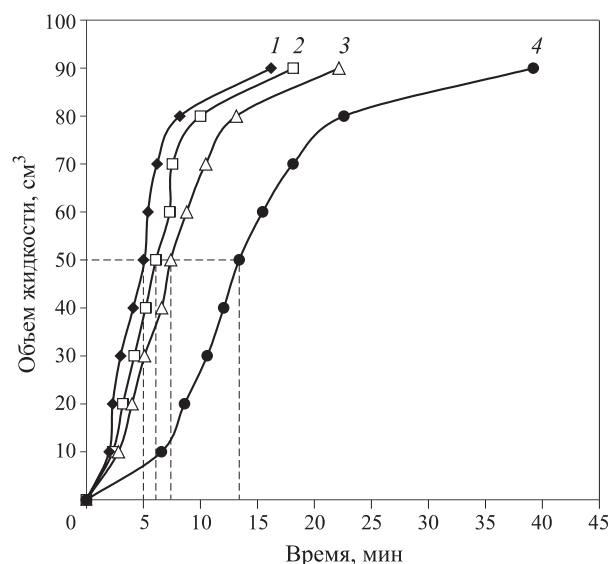


Рис. 2. Зависимость устойчивости пены, полученной на основе 1 %-ного раствора ПАВ Е-30, от природы полимерных солей: 1 — без добавки; 2 — 0,05 г сополимера винилтриазола с натриевой солью метакриловой кислоты (25,7 %) (ВТ – Na – МАК); 3 — 0,05 г сополимера винилтриазола с натриевой солью метакриловой кислоты (57,6 %); 4 — 0,05 г сополимера N-винилимидазола с натриевой солью метакриловой кислоты (50 %) (ВИМ – Na – МАК)

бавок наименее эффективным оказался поливинилтриазол. Применение полиэтиленоксида приводит к увеличению устойчивости и времени полного разрушения пены в 1,2 раза, уменьшению кратности — с 7,5 до 6,5. Добавка полиметакриловой кислоты позволяет повысить устойчивость пены в 1,3 раза.

Стабилизация пен, полученных на основе ПАВ Е-30, водорастворимыми полимерами

Вид полимера	Концентрация полимера, %	Кратность пены	Устойчивость пены, мин	Время разрушения пены, ч
ПАВ Е-30	—	7,5	5,05	1,23
ПВТ ($M = 200000$)	0,05	6,5	5,45	1,30
ПЭО ($M = 2100000$)	0,05	7,5	6,40	2,28
ПМАК ($M = 600000$)	0,05	5,5	6,76	1,57
ВТ – Na (25,7 %) – МАК	0,05	7	6,15	2,20
ВТ – Na (57,6 %) – МАК	0,05	5,5	7,6	4,20
ВИМ – Na (50 %) – МАК	0,05	5,6	13,4	4,54

Кроме того, устойчивость пены зависит от молекулярной массы полимера M .

Исследованиями установлено, что использование сополимеров винилтриазола с натриевой солью метакриловой кислоты различного состава приводит к незначительному увеличению устойчивости пены. Устойчивость пены повышается с ростом содержания соли в сополимере. Время полного разрушения пены при этом увеличивается в 3,5 раза (рис. 2, кривые 2 и 3). Использование в качестве стабилизирующей добавки сополимера винилимидазола с натриевой солью метакриловой кислоты позволяет существенно повысить устойчивость пены — в 2,4 раза, увеличить время полного разрушения в 3,8 раза (рис. 2, кривая 4).

Полученные результаты можно объяснить тем, что поливинилимидазолы и их сополимеры обладают пенообразующими свойствами (вследствие чего могут быть использованы в качестве дополнительного пенообразователя при флотации медьсодержащих руд [3]), а также более сильными донорными свойствами по сравнению с винилтриазолом. Это может привести к образованию более прочных структурированных адсорбционных слоев и увеличению времени жизни пленок [4, 5]. Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице.

Вывод

Экспериментальными исследованиями установлено, что наибольшее стабилизирующее действие на пену, полученную из водных растворов ПАВ Е-30 – полимер, оказывает сополимер винилимидазола с натриевой солью метакриловой кислоты. Его использование позволяет повысить устойчивость пены в 2,5 раза, увеличить время полного разрушения пены в 3,5 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шароварников А. Ф. Противопожарные пены. Состав, свойства, применение. — М. : Знак, 2000. — 464 с.
2. Шантала М. В., Скушникова А. И., Шаглаева Н. С. Влияние полимеров акриламида на свойства огнетушащих водопенных составов // Вестник ВСИ МВД РФ. — 2009. — № 1. — С. 37–42.
3. Шантала М. В., Скушникова А. И. Получение и применение поверхностно-активных веществ на основе винилимидазолов // Химия и химическая технология в XXI веке : матер. IX Всерос. науч.-практ. конф. студентов и аспирантов. — Томск, 2008. — С. 127–128.
4. Казаков М. В. Применение поверхностно-активных веществ для тушения пожаров. — М. : Стройиздат, 1977. — С. 47–77.
5. Danilovtseva E. N., Annenkov V. V., Skushnikova A. I., Svyatkina L. I. Complexes of 1-vinylazoles with transition metals in radical polymerization // Journal of Applied Polymer Science. — 2000. — Vol. 78, Issue 1. — P. 101–108. doi: 10.1002/1097-4628(20001003)78:1<101::AID-APP130>3.0.CO;2-V.

Материал поступил в редакцию 31 декабря 2013 г.

English

IMPROVING THE SUSTAINABILITY OF FIRE FOAMS USING POLYMERIC ADDITIVES OF DIFFERENT NATURE

LYUBIMOV V. N., Postgraduate Student of Safety and Ecology Department, Irkutsk State University of Railway Transport (Chernyshevskogo St., 15, Irkutsk, 664074, Russian Federation; e-mail address: victorlub@yandex.ru)

SKUSHNIKOVA A. I., Doctor of Chemical Sciences, Professor of Safety and Ecology Department, Irkutsk State University of Railway Transport (Chernyshevskogo St., 15, Irkutsk, 664074, Russian Federation)

ERMAKOVA T. G., Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher, Irkutsk Institute of Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Favorskogo St., 1, Irkutsk, 664033, Russian Federation)

VOLKOVA L. I., Leading Engineer, Irkutsk Institute of Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Favorskogo St., 1, Irkutsk, 664033, Russian Federation)

ABSTRACT

This analysis is dedicated to the influence of water-soluble polymers on the stability, multiplicity and while for the complete destruction of the foam obtained from aqueous surfactant solutions *E-30* – polymer. Polyvinyltriazol, polymethacrylic acid, polyethylene oxide copolymer, sodium salt vinyltriazola with methacrylic acid (25.7 and 57.6 %), copolymer of vinylimidazole with the sodium salt of methacrylic acid (50 %) were used as the polymeric additives.

It is shown that the nature of the emulsifier (*E-30*, volgonat) has virtually no effect on the multiplicity and stability of the resulting foams, so the effect of polymer additives was investigated using an emulsifier *E-30*. Total concentration of the surfactant *E-30* and the foaming of the polymer in solution was 1 % made as used in industrial formulations foaming surfactant concentration is about 1 %. This concentration of surfactant is widely used in laboratory studies.

Results of the study indicate that the number of polymer additives used less effective polyvinyltriazole and polyethylene oxide. The use of polyethylene oxide increases the stability and while for the complete destruction of the foam 1.2 times, multiplicity decreases from 7.5 to 6.5. Addition of methacrylic acid leads to an increase in foam stability of 1.3 times. Foam stability also depends on the molecular weight of the polymer.

It has been shown that the use of copolymers with vinyltriazola sodium salt of methacrylic acid of varying composition leads to a slight increase in foam stability. Foam stability increases with increasing salt content in the copolymer, and while for the complete destruction of the foam, at the same time increased by 3.5 times. Use as a stabilizing additive vinylimidazole copolymer with sodium salt of methacrylic acid leads to a significant change in foam stability by 2.4 times, while for the complete destruction increased 3.8 times.

Keywords: foaming agent; surface-active agents (surfactants); polymeric additives; foam stability; multiplicity; while for the complete destruction of foam; polyvinyltriazol; N-vinylimidazole; sodium salt of methacrylic acid.

REFERENCES

1. Sharovarnikov A. F. *Protivopozharnyye peny. Sostav, svoystva, primeneniye* [Firefighting foam. The composition, properties and application]. Moscow, Znak Publ., 2000. 464 p.
2. Shaptala M. V., Skushnikova A. I., Shaglaeva N. S. Vliyaniye polimerov akrilamida na svoystva ognetyashchikh vodopennykh sostavov [Effect of acrylamide polymers for water and foam fire extinguishing properties of formulations]. *Vestnik VSI MVD RF — Bulletin of East-Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia*, 2009, no. 1, pp. 37–42.
3. Shaptala M. V., Skushnikova A. I. Polucheniye i primeneniye poverkhnostno-aktivnykh veshchestv na osnove vinylimidazolov [Preparation and use of surface-active substances based on vinylimidazoles]. *Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya v XXI veke: materialy IX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov i aspirantov* [Proc. 9th Conf. “Chemistry and Chemical Technology in the XXI Century”]. Tomsk, 2008, pp. 127–128.
4. Kazakov M. V. *Primeneniye poverkhnostno-aktivnykh veshchestv dlya tusheniya pozharov* [Application of surfactants for fire extinguishing]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1972, pp. 47–77.
5. Danilovtseva E. N., Annenkov V. V., Skushnikova A. I., Svyatkina L. I. Complexes of 1-vinylazoles with transition metals in radical polymerization. *Journal of Applied Polymer Science*, 2000, vol. 78, issue 1, pp. 101–108. doi: 10.1002/1097-4628(20001003)78:1<101::AID-APP130>3.0.CO;2-V.



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

УДК 614.841.33

ДОЛГО ХОДИМ КРУГАМИ И ТОПЧЕМСЯ НА МЕСТЕ (К вопросу о формировании отрасли экономики в области обеспечения пожарной безопасности)

© **М. П. ДУБИНИН**, президент Ассоциации “Национальный союз организаций в области обеспечения пожарной безопасности”
(Россия, 115088, г. Москва, ул. Шарикоподшипниковская, 4; e-mail: nsopb@nsopb.ru)

© **В. В. ЖУКОВ**, начальник отдела Ассоциации “Национальный союз организаций в области обеспечения пожарной безопасности”
(Россия, 115088, г. Москва, ул. Шарикоподшипниковская, 4; e-mail: GVV@nsopb.ru)

В последние годы активно-пассионарные объединения, ассоциации и союзы предпринимают попытки завершить системное формирование “межведомственной” отрасли экономики в области обеспечения пожарной безопасности (далее — отрасль ПБ). Это — некоммерческая организация “Союз организаций, осуществляющих экспертную деятельность в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, промышленной, пожарной и экологической безопасности” (<http://www.r-e-s.ru>), Ассоциация производителей пожарно-спасательной продукции и услуг “Союз 01” (<http://souz-01.com>), Ассоциация “Национальный союз организаций в области обеспечения пожарной безопасности” (<http://www.nsopb.ru>), Общероссийское отраслевое объединение работодателей “Палата работодателей пожарно-спасательной отрасли” (<http://psorf.ru>), Всероссийское добровольное пожарное общество (<http://www.vdpo.ru>).

Отрасль экономики в области обеспечения пожарной безопасности — это совокупность предприятий и производств, которые на основе соответствующих технических регламентов и нормативных документов по пожарной безопасности разрабатывают и производят пожарно-техническую продукцию и обеспечивают экономику этой продукцией, а также работами и услугами в области пожарной безопасности.

Отрасль ПБ должна соответствовать принципам государства и экономики современной России. Поэтому ее формирование — дело не простое, и практически, и теоретически. Цель настоящей статьи — оказать методологическую помощь пассионариям в таком нужном деле.

Чем отрасль пожарной безопасности отличается от “обычной” отрасли экономики?

Как управляется “обычная” отрасль? Государство осуществляет ее экономико-правовое регулирование и устанавливает требования безопасности к

продукции и работам. Все остальное: тип продукции, ее разнообразие, цена, качество и многое другое — определяется и регулируется спросом, предложением и конкурентной средой. “Обычная” отрасль действует на принципах рыночного самоуправления. Как управляется отрасль пожарной безопасности? Здесь в отличие от “обычной” отрасли государство устанавливает требования к способам, методам и моделям:

- инженерно-технических, архитектурно-конструктивных, объемно-планировочных технологий обеспечения ПБ;
- инженерно-технических, архитектурно-конструктивных, объемно-планировочных средств и систем обеспечения ПБ.

Государство фактически устанавливает типы, виды и модели средств обеспечения ПБ (продукции и технологии). В чем же заключается проблема? В том, что государство может устанавливать и часто устанавливает заведомо “отсталые” и неэффективные типы, виды и модели средств обеспечения ПБ, и тогда отрасль ПБ производит неэффективные средства обеспечения ПБ.

Таким образом, если отрасль ПБ имеет такую особенность, то в ней должна быть и “обратная связь” между рынком и государством. Эта обратная связь должна выполнять функции передачи государственным структурам информации об оценке средств обеспечения ПБ, предложенных государством. Однако такой обратной связи фактически нет ни в действительности, ни в проектах пассионарных объединений, формирующих отрасль ПБ.

Отраслевой рынок

Главную роль в функционировании отрасли ПБ страны играет рынок пожарно-технической продукции, работ и услуг в области пожарной безопасности (далее — рынок продукции ПБ). Что мы знаем об этом рынке? Перечень продукции, работ и услуг установлен ст. 24 Федерального закона ФЗ-69

“О пожарной безопасности”. Рынок работает на основе действующего законодательства, а также законодательства о техническом регулировании, стандартизации и лицензировании. Мы знаем, что это огромные финансовые и материальные ресурсы. По структуре рынок представляет собой разнообразную линейку противопожарных средств, работ и услуг. На нем работает около 50 тысяч фирм, в которых трудится большое число людей. География поставок, кроме российской продукции, — многие страны мира.

Однако, кроме этих общих характеристик, мы больше ничего о рынке не знаем. Ни в научной, ни в иной литературе о рынке продукции ПБ ничего нет. Исключение составляют лишь единичные источники*. В функции государственных органов, и в частности в функции МЧС РФ, вопросы регулирования отрасли ПБ не входят. По этой теме нет и соответствующих научно-исследовательских работ. И в докладах, и в публичных выступлениях должностных лиц, в том числе МЧС, даже не упоминается такое понятие, как “отраслевой рынок”, как будто такого явления вообще нет. Поэтому ни обобщенных, ни детальных экономико-финансовых показателей функционирования рынка невозможно найти. Нет структурного анализа, нет показателей конкуренции, нет ценовых характеристик, нет анализа состояния добровольности выбора контрагентов, нет показателей динамики и темпов развития и т. п.

Особенности рынка продукции пожарной безопасности

На основе положений экономической теории можно сформулировать определение рынка продукции ПБ. *Рынок пожарно-технической продукции, работ и услуг в области пожарной безопасности — это совокупность отношений, комплексная система согласованных действий, обеспечивающая регулярные операции товарообращения между производителями и потребителями пожарно-технической продукции, работ и услуг в области пожарной безопасности.* Чем же отличается рынок продукции ПБ от других рынков? Чем он характеризуется? Есть ли особенности, которые надо учитывать при решении задач развития отрасли ПБ? Да, есть.

Первая особенность рынка продукции ПБ

Во-первых, известно, что рынок должен развиваться благодаря естественной потребности собст-

венников и руководителей сохранять свое имущество, в том числе путем проведения противопожарных мероприятий и обращения к услугам рынка продукции ПБ. На самом деле, в России исторически так сложилось, что у большей части современных руководителей естественная потребность сохранять и обеспечивать ПБ имущества либо подавлялась, либо не стимулировалась государством. К этому надо добавить низкий уровень правопорядка и состояния дисциплины, в том числе состояния дисциплины выполнения установленных нормативными документами требований ПБ. Этим и обусловлено то, что руководители по своей инициативе практически не осуществляют противопожарные меры и не обращаются к услугам рынка.

Во-вторых, государство принимает серьезные меры для стимулирования потребности обеспечивать ПБ имущества (устанавливая требования ПБ к большому кругу объектов защиты и широкому спектру их параметров; осуществляя надзор, лицензирование; устанавливая чувствительные штрафы и т. д.). Однако государство делает это не всегда эффективно и часто перегибает палку.

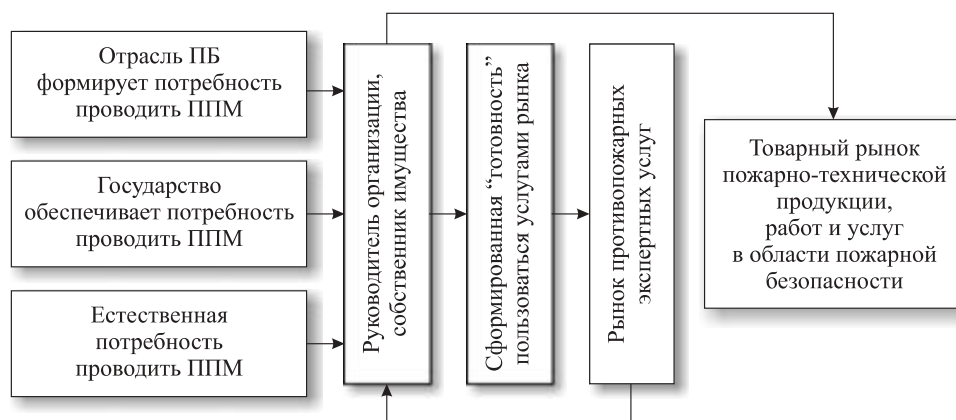
При реализации мер по развитию отрасли ПБ должны учитываться указанные выше особенности: 1) неразвитая потребность сохранять и обеспечивать ПБ имущества; 2) низкий уровень технико-технологической дисциплины; 3) неэффективность государственных мер по развитию отрасли ПБ.

Вторая особенность рынка продукции ПБ

Как формируется номенклатура, как определяется качество и эффективность продукции, работ и услуг на рынке продукции ПБ? На первый взгляд, ответ очевиден: все это определяется потребителем через отношения спроса и предложения. Однако на самом деле это не совсем так. В данном случае классическая формула взаимодействия потребителя и производителя, спроса и предложения работает по-другому. Дело в том, что для выбора пожарной продукции требуются знания теории и практики ПБ, которых, как правило, нет ни у собственника имущества, ни у руководителей, ни у специалистов хозяйствующих субъектов. Они самостоятельно, без эксперта, не могут определить, какой из продуктов рынка ПБ им требуется. Следовательно, на выбор потребителя “противопожарного” товара большое и решающее влияние оказывает мнение экспертов, которые отвечают на вопросы: где, как и с какой задачей должно быть применено то или иное средство или технология обеспечения ПБ. На основе их выводов и рекомендаций потребитель приобретает соответствующую продукцию, работу или услугу.

В связи с этим можно утверждать, что рынок продукции ПБ состоит из двух рынков:

* Аналитический обзор Общероссийского отраслевого объединения работодателей “Федеральная палата пожарно-спасательной отрасли и обеспечения безопасности” (<http://www.psrff.ru>): “Анализ предпосылок формирования пожарно-спасательной отрасли и видение вариантов ее развития” (http://www.psrff.ru/documents/analytics/industry_review).



Функционально-структурные связи взаимодействия элементов рынка продукции ПБ (ППМ — противопожарный минимум)

1) товарного рынка пожарно-технической продукции, работ и услуг в области ПБ;

2) рынка противопожарных экспертных услуг.

Рынок противопожарных экспертных услуг — это система экономических отношений, согласованных действий, направленных на обеспечение потребителя экспертным заключением о методах и технологиях обеспечения ПБ объекта защиты, которое ориентирует его в выборе продукции, работ и услуг на товарном рынке пожарной безопасности.

Функционально-структурные связи взаимодействия элементов рынка продукции ПБ показаны на рисунке.

Именно фактор “экспертных рекомендаций” потребителю является особенностью функционирования и развития рынка продукции ПБ. Другими словами, потребитель взаимодействует с рынком не напрямую, а через эксперта, пользуясь его рекомендациями.

Если фактор “экспертных рекомендаций” имеет принципиальное значение, если без эксперта собственник и руководитель не могут принять решение, то эксперт востребован. Это создает условия для успешного развития экспертного бизнеса.

Как эти особенности учитываются в интересах рынка противопожарных экспертных услуг?

Рассмотрим, что лежит в сфере интересов рынка противопожарных экспертных услуг? В его сферу входят следующие направления экспертных работ.

Первое направление экспертных работ

Самостоятельная выработка политики и принципов технического регулирования, разработка проектов нормативно-правовых актов по регулированию в области обеспечения ПБ, проектов требований ПБ и нормативных документов по ПБ структурами экспертного и бизнес-сообщества или участие в этом наравне с государственными органами.

Что же мы видим на практике? Государство вырабатывает политику, осуществляет разработку проектов законов, нормативных правовых актов,

технических регламентов, утверждает и издает документы по вопросам обеспечения пожарной безопасности. И делает это монополично, без участия экспертного и бизнес-сообщества. Кстати, в США нормы пожарной безопасности разрабатывает Национальная ассоциация противопожарной защиты. Причем представительство в этой организации государственных органов и муниципальной пожарной охраны вместе составляет только 31 %. Остальные 69 % — это представители бизнеса, промышленности, строительства, проектных организаций, страховых компаний, медицинских учреждений и пр.

У нас в России монополия государства привела к следующему положению дел.

1. За весь период современной истории России на объектах экономики и социальной сферы не был сформирован ни один из механизмов: страховой, отраслевой, сертификационный, декларационный и др., которые мобилизовали бы руководителей и персонал (без государственного контроля, без государственных предписаний и штрафов) хотя бы в малой мере осуществлять противопожарные мероприятия.

2. Государством введена запутанная и сложная система требований ПБ.

3. Технологии обеспечения ПБ остаются непонятными для большинства руководителей и специалистов экономики и социальной сферы, поэтому они не знают, с чего начинать, что является главным, а что — критерием в их деятельности. Для них не разработаны соответствующие стандарты, инструкции и регламенты.

4. Государство требует применения дорогостоящих противопожарных систем где надо и где не надо, не учитывая их высокую стоимость.

5. Система страхования не связана с системой пожарной безопасности. Страхование не стимулирует проведение противопожарных мероприятий, а наоборот, ограничивает их применение.

6. Противоречивость характера проверок органов ГПН приводит к тому, что руководители, собственники и предприниматели не понимают инспектора

органов ГПН. Всю страну органы ГПН приучили к тому, что для обеспечения пожарной безопасности достаточно предписания пожарного инспектора. Этим самым они, во-первых, сформировали ложное представление, что не надо принимать никаких дополнительных мер, кроме тех, которые перечислены в предписании. Во-вторых, если в соответствии с действующим законодательством руководитель организации обязан выявлять нарушения требований ПБ, то инспекторы и должны требовать от него это. Вместо этого они сами выявляют нарушения, что приводит в недоумение руководителей, которые не знают, что делать. В-третьих, органы ГПН запутали всех тем, что ввели такую формулировку, как “ПБ считается обеспеченной”, которая никак не совпадает с понятием “ПБ фактически обеспечена” и институтом юридической ответственности за нарушение требований ПБ. Пожарную безопасность “по закону” можно обеспечить, но это не гарантирует освобождение от штрафа.

7. Сегодня на многих объектах экономики и социальной сферы есть службы пожарной профилактики, что реально повышает уровень ПБ объекта. Однако вся надзорная политика МЧС не учитывает этот факт. Инспектор при оценке противопожарного состояния в упор не видит специалиста ПБ и не понимает его назначения. Тогда зачем вкладывать средства в пожарно-профилактическую службу?

8. Пожарная наука не формирует методологическую базу для технического регулирования (нормирования) управленческой деятельности, направленной на обеспечение ПБ. А МЧС РФ осуществляет техническое регулирование (нормирование) этой деятельности без соответствующей методологической базы. Поэтому это направление находится на низком профессиональном уровне.

9. Факт освобождения органов ГПН от проверок малого и среднего бизнеса означает, что пожарный надзор фактически “выгнали” с объектов малого и среднего бизнеса.

Сложившаяся ситуация привела к тому, что руководители и собственники имущества занимаются вопросами ПБ и обращаются за услугами на рынок продукции ПБ без всякой охоты, поскольку государство “перегибает палку”, не зная меры в решении и вопросов применения наказаний, и вопросов обоснованного расходования средств на противопожарные мероприятия. Более того, обращение к услугам рынка ПБ носит неестественный, конфликтный характер, потому что, как правило, это происходит либо после наложения штрафа, либо после административного конфликта. Другими словами, к услугам рынка прибегают только тогда и в таком объеме, чтобы можно было “отбиться” от органов ГПН. А нам нужна потребность в услугах рынка ПБ в более широких рамках, во всем спектре системы ПБ.

Второе направление экспертных работ

Экспертные работы этого направления можно разделить на три группы:

- 1) проведение оценки соответствия объектов (всего объекта) экономики и социальной сферы требованиям ПБ;
- 2) научно-техническое консультирование и экспертиза (всего объекта);
- 3) пожарно-профилактическая работа (ППР).

Во второй группе мы имеем дело с экспертными, консультационными или исследовательскими работами относительно не отдельных элементов системы ПБ объектов защиты, а всей системы ПБ, объекта экономики и социальной сферы.

Что же мы видим на практике? На стадии проектирования и строительства зданий и сооружений проводится экспертиза проектной документации частными экспертами (зона ответственности Минрегиона). На стадии эксплуатации зданий и сооружений частная экспертиза не востребована (зона ответственности МЧС). Невостребованность обусловлена следующими причинами. Во-первых, государством не установлен юридический статус экономико-правового значения этих видов экспертной деятельности, т. е. не обеспечено их практическое значение. Другими словами, экспертное заключение частного не имеет юридического статуса. Во-вторых, органы ГПН своими проверками объектов экономики и социальной сферы подменяют частную экспертную деятельность, выполняя “оценку”, “экспертизу” под видом государственного “надзора”, да еще бесплатно, т. е. заключение частного эксперта подменяется государственным предписанием. В таком случае зачем предпринимателю покупать экспертное заключение частного с перечнем мер пожарной безопасности, если государственный инспектор бесплатно выдаст предписание с тем же перечнем мер пожарной безопасности?

В третьей группе ситуация следующая. Потребность в пожарно-профилактических услугах огромна. Пожарно-профилактическая работа, которая прошла 65-летнюю проверку временем, в настоящее время практически не применяется. Почему? Прежде всего она не включена в перечень работ и услуг в области пожарной безопасности в качестве самостоятельной услуги. Вместо этого нормативными правовыми актами ППР представляется как функция пожарной охраны и как функция договорного подразделения МЧС. По этой логике ППР является “неотделимой” от функции тушения пожаров и должна выполняться организациями со статусом “пожарная охрана”. Получается, что если тушение пожара — функция подразделений МЧС, то и ППР — это функция министерства, а значит, и функция государства. Поэтому она как самостоятельная услуга

на рынке не должна существовать. На самом деле ППР является самостоятельной экспертной функцией, которую могут выполнять соответствующие специалисты и организации любой формы собственности и без статуса “пожарная охрана”.

Если государство не обеспечивает естественной “потребности и готовности” объектов экономики и социальной сферы осуществлять противопожарные мероприятия и пользоваться услугами рынка продукции ПБ, то отрасль ПБ должна это делать сама.

“Невидимая рука” рынка или “невидимая рука” чиновника?

Все направления экспертных работ, которые должны реализовываться структурами частного экспертного бизнеса, либо осуществляются монополично государственными органами, либо государством не созданы условия для существования рынка противопожарных экспертных услуг. Сверху и до самого низа — везде государство. А что же осталось частнику? Ничего. В стране нет экспертного бизнеса по оценке соответствия действующих (эксплуатируемых) объектов экономики и социальной сферы требованиям ПБ. А значит, нет и рынка экспертизы соответствия действующих (эксплуатируемых) объектов экономики и социальной сферы требованиям ПБ.

Тогда как работает фактор “экспертных рекомендаций” на потребителя товарного рынка? Как потребитель без эксперта выбирает продукцию, работы и услуги? Ему в этом “помогает” чиновник. Вместо “невидимой руки” рынка действует “невидимая рука” чиновника. Получается, что вместо рынка противопожарных экспертных услуг есть площадка, на которой “чиновник” навязывает хозяйственному органу продукцию, работы или услуги, но это не рыночные отношения: нет добровольности выбора контрагента, отсутствует конкуренция. Вместо рациональных технологий противопожарной защиты, вместо экономически и технически эффективных мер — применение затратных технологий и, как следствие, необоснованно завышенные расходы. *Результатом нерыночного регулирования экономических отношений стал неестественный темп внедрения автоматических средств обнаружения и тушения пожаров с ежегодным его ростом 30 %. По оценке многих специалистов только 30 % потребителей по своему усмотрению, т. е. свободно, выбирают подрядную организацию по монтажу, ремонту и обслуживанию средств обеспечения ПБ эксплуатируемых зданий. В остальных 70 % случаев подрядную организацию “рекомендует” инспектор органов ГПН.*

Итак, суммируем. Основа экономики России — частник. В экспертно-инновационном блоке рынка продукции ПБ нет частника. В экономике России государство не является экономическим игроком рынка. В отрасли ПБ органы ГПН выступают в качестве экономического игрока, потому что они вместо надзора осуществляют рыночные функции — экспертизу соответствия требованиям ПБ объектов экономики и социальной сферы. Потому что они, вмешиваясь в экономические интересы частного собственника, во-первых, заставляют его защищать свое же имущество от пожара и, во-вторых, определяют уровень защиты имущества собственника. В экономике России государство большую часть правового регулирования осуществляет совместно с экспертным бизнес-сообществом. В отрасли ПБ государственные органы не применяют государственно-частное партнерство.

Таким образом, отрасль ПБ только частично действует на рыночных принципах. Важнейший ее компонент — экспертно-инновационный блок — не разгосударственен с 1992 г. При таких условиях отрасль ПБ не может эффективно развиваться.

Что делать?

В первую очередь необходимо совершенствовать концепцию развития отрасли ПБ.

Некоторые концепции, представленные на обсуждение, ставят своей задачей “содействие разработке и реализации государственной политики, целевых и иных программ и проектов, совершенствованию законодательства и нормативной правовой базы...” или “влияние на выработку органами власти политики”. Такая позиция по-прежнему (по-советски) рассматривает бизнес-сообщество как вспомогательный, второстепенный по отношению к государству, субъект. Современная отрасль ПБ не может и не должна рассматриваться как вспомогательное звено, “содействующее” государственным структурам. Отрасль ПБ является самостоятельным субъектом и должна позиционировать себя как равный партнер органам государства, который “не содействует”, “не влияет”, а самостоятельно разрабатывает политику, проекты законов и нормативно-правовых актов и самостоятельно их продвигает.

По нашему мнению, “отрасль” должна состоять не из одного класса — продуктового сектора отрасли. Кроме него, должен быть самостоятельный экспертно-исследовательский сектор отрасли, т. е. сектор, объектом которого не являются отдельные технические средства (например, конструирование новых типов пожарных извещателей, как в продуктовом секторе), а вся система ПБ организации, территории, отрасли экономики, страны. В том числе он формирует потребности (и “готовность”) у хо-

зайствующих субъектов в услугах продуктового сектора отрасли (продуктового рынка).

Экспертно-исследовательский сектор отрасли — это группа предприятий и специалистов, которые осуществляют инновационное направление развития отрасли, в частности выполняют экспертные и исследовательские работы, которые направлены на:

- а) развитие отрасли, определение и закрепление места отрасли в системе секторов хозяйствования российской экономики:
 - выработку политики в области обеспечения пожарной безопасности, в том числе разработку проектов законов и других нормативных правовых актов;
 - продвижение политики через общественные и государственные органы;
 - государственно-частное партнерство технического регулирования в области обеспечения пожарной безопасности, в том числе партнерство по разработке проектов требований ПБ и нормативных документов по ПБ;
- б) проведение экспертных работ на объектах экономики и социальной сферы, в том числе:
 - выполнение оценки соответствия объектов защиты требованиям ПБ;

- проведение научно-технического консультирования и экспертизы;
- пожарно-профилактической работы;
- постановка задач для разработки новых и совершенствования существующих средств обеспечения ПБ.

В системе отрасли ПБ необходимо предусматривать организационную структуру бизнес-сообщества, которая обеспечивает “обратную связь” с деятельностью государства по техническому нормированию. В этих целях следует создавать “совместные” рабочие группы, консультативные или экспертные советы, т. е. структуры взаимодействия между государственными органами, с одной стороны, и частным экспертным и бизнес-сообществом — с другой.

Во вторую очередь необходимо подготовить изменения в законодательство:

- о государственном регулировании отрасли экономики в области обеспечения пожарной безопасности;
- о развитии частного экспертного бизнеса в системе обеспечения пожарной безопасности страны;
- о разработке проектов требований пожарной безопасности, об их обсуждении и согласовании с частным экспертным и бизнес-сообществом.



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

**ВОПРОС:**

Наша организация готовит проект частной автозаправочной станции. При проектировании молниезащиты мы столкнулись с такой проблемой. Классификация взрывоопасных зон для вновь строящихся объектов теперь отличается от той, которая была представлена в ПУЭ 6-го издания. А в Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений (РД 34.21.122–87) нет конкретных сведений по тому, как выбрать категорию молниезащиты и тип зоны защиты. В СО 153-34.21.122–2003 отмечено, что автозаправочные станции и аналогичные объекты следует относить к “специальным”, для которых типы и размеры зон защиты определяются оценкой минимально допустимого уровня надежности защиты от прямого удара молнии. В данном документе этот уровень устанавливается в пределах 0,9–0,999, а в РД 34.21.122–87 – 0,95 или 0,995. Каким же образом следует выбирать уровень надежности и размеры зоны защиты вновь строящихся пожаровзрывоопасных объектов?

ОТВЕТ:

Для пожаровзрывоопасных объектов, принадлежащих крупным нефтяным компаниям, разработаны и используются корпоративные инструкции по молниезащите, которые позволяют определить уровень надежности и размеры зон защиты. Если же речь идет о частных объектах, то дело обстоит иначе. В инструкции СО 153-34.21.122–2003 [1], кроме пределов минимально допустимого уровня надежности, указано, что выбор этих пределов осуществляется по согласованию с органами государственного контроля. Однако, как показывает практика, такое согласование порой может затянуться на длительное время.

С точки зрения экономической целесообразности проще всего выбрать наименьший уровень надежности 0,95 для типа зоны Б (см. табл. 1 [2]), так как на территории автозаправочной станции могут образовываться взрывоопасные зоны класса В-Ig, а по инструкции [1] наименьший уровень будет составлять всего 0,9. Такой подход необходимо будет обосновать. Сделать это будет сложно, так как классы взрывоопасных зон по старым и новым нормам различаются, поэтому, чтобы их сопоставить, придется проводить отдельные расчеты.

В рубрике “Вопрос–ответ” в № 1 за 2014 г. было рассмотрено теоретическое сопоставление классов зон по ПУЭ [3] и Техническому регламенту [4]. В результате установлено, что минимальный уровень надежности согласно [2] будет составлять 0,995 (тип зоны А), так как на автозаправочных станциях могут образовываться взрывоопасные зоны классов 1 и 2, где зона класса 1 в отдельных случаях может соответствовать зоне В-I по ПУЭ [3].

Важно отметить, что при разработке инструкции [1] расчетным путем были проверены значения уровней надежности типов зон, представленных в [2]. В результате расчетов было установлено, что надежность оказалась намного меньше указанной, а именно: для зоны А – 0,96, для зоны Б – 0,84 [5].

Из вышеуказанных данных можно заключить следующее:

- уровень надежности защиты от прямого удара молнии для пожаровзрывоопасных объектов с классами зон 1 и 2 должен соответствовать типу зоны А [2], т. е. составлять 0,96 по результатам расчетов [5];
- для специальных объектов уровень надежности должен быть не ниже 0,98, что соответствует максимальному уровню для обычных объектов (не являющихся взрывоопасными) согласно [1];
- размеры зон защиты автозаправочных станций должны выбираться в соответствии с инструкцией [1] для уровня надежности 0,99 и выше.

Уровень надежности 0,99 будет являться оптимальным для частной автозаправочной станции, так как данное значение удовлетворяет требованиям обоих нормативных документов по молниезащите [1, 2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СО 153-34.21.122–2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций : приказ Минэнерго России от 30.06.2003 г. № 280; введ. 30.06.2003 г. — М. : Изд-во МЭИ, 2004.
2. 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.
3. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. — 6-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат 1985. — 640 с.
4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (в ред. от 10.07.2012 г.) : Федер. закон РФ от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008 г.; одобр. Сов. Федерации 11.07.2008 г. // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.
5. Базелян Э. М. Азбука молниезащиты. — М. : Знак, 2011. — 192 с.

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

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ!

Направляемые в журнал “ПОЖАРОВЗРЫВБЕЗОПАСНОСТЬ” статьи должны содержать 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 непереводимых названий собственных имен, приборов и других объектов, имеющих собственные названия; не должен также использоваться непереводимый 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 в транслитерации). 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, Moscow, 119526, Russian Federation).*

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

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

- информативным (не содержать общих слов);
- оригинальным (не быть калькой с русскоязычной аннотации с дословным переводом);

- содержательным (должны излагаться существенные результаты работы; не должен включаться материал, который отсутствует в основной части публикации);
- структурированным (т. е. 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 общепотребительных, следует применять в исключительных случаях или давать 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 dizayna gidrorazryva plasta [Techno-economic optimization of the design of hydraulic fracturing]. *Neftyanoye khozyaystvo — 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., Lepkowska-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 периодического издания (сборника трудов):

Astakhov M. V., Tagantsev T. V. Eksperimentalnoye issledovaniye prochnosti soyedineniy “stal—kompozit” [Experimental study of the strength of joints “steel—composite”]. *Trudy MGTU “Matematicheskoye modelirovaniye 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., Mullagalina I. Z., Mukhametshina R. Ju., Chervyakova A. N., Svishnikov A. V. Osobennosti proyektirovaniya razrabotki mestorozhdeniy s primeneniym gidrorazryva plasta [Features of the design of field development with the use of hydraulic fracturing]. *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma “Novyye resursosberegayushchiye tekhnologii nedropolzovaniya 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. *Posledneye pravitelstvo 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, Mashinostroyeniye 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. *Matematicheskoye modelirovaniye plazmy v sisteme kompaktnyy tor*. Dis. dokt. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, 2003. 272 p.

ГОСТы:

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 orientirovaniya po krenu letatel'nogo apparata s opticheskoy golovkoy samonavedeniya* [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 и карты в качестве иллюстраций не приемины.

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 за публикацию работ с аспирантов не взимается.

Приглашаем Вас к сотрудничеству на страницах нашего журнала.

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

Учебное пособие

В. Н. Черкасов, В. И. Зыков

Обеспечение пожарной безопасности электроустановок



Рецензенты: Федеральное государственное учреждение Всероссийский ордена «Знак почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России, кафедры физики и пожарной безопасности технологических процессов Академии ГПС МЧС России.

В учебном пособии рассмотрены общая схема электроснабжения потребителей, классификация электроустановок и причины пожаров от них, а также вероятностная оценка пожароопасных отказов в электротехнических изделиях и пожарная безопасность комплектующих элементов. Приведены нормативные обоснования и инженерные решения по обеспечению пожарной безопасности электроустановок и защите зданий и сооружений от молний и статического электричества. Учебное пособие предназначено для практических работников в области систем безопасности и может быть использовано для подготовки и повышения квалификации специалистов соответствующего профиля.



**Web-сайт: firepress.ru
Эл. почта: mail@firepress.ru
Тел.: (495) 228-09-03**

АКЦИЯ



УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Предлагаем Вам приобрести наши журналы за прошлые годы. Цена одного номера — 100 рублей без стоимости пересылки.

Журнал
“ПОЖАРОВЗРЫВ БЕЗОПАСНОСТЬ”:

- 2009 год
№ 1, 3, 4, 7–9;
- 2010 год
№ 1, 2, 4, 5, 9–12;
- 2011 год
№ 1, 10, 11;
- 2012 год
№ 2, 5–7, 9–12;
- 2013 год
№ 1–12.

Журнал
“ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ”:

- 2009 год
апрель, декабрь;
- 2010 год
февраль, апрель, июнь, август,
октябрь, декабрь;
- 2011 год
июнь, август, октябрь.

Адрес издательства:
121108, г. Москва,
ул. Ивана Франко,
д. 4, корп. 10.
Телефон:
+7 (495) 228-09-03

Издательство “Пожнаука” предлагает Вам оформить подписку
на журнал “Пожаровзрывобезопасность”
на 1-е (2-е) полугодие 2014 г.

Подписка на полугодие включает в себя
шесть номеров журнала “Пожаровзрывобезопасность”.



ПЕРСОНАЛЬНАЯ ПОДПИСКА
на журнал

ПОЖАРОВЗРЫВО-
БЕЗОПАСНОСТЬ



ISSN 0869-7493

КУПОН '2014

Издание	Цена подписки, руб.	Количество экземпляров	Стоимость подписки, руб.
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” (1-е полугодие 2014 г.)	4950		
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” (2-е полугодие 2014 г.)	5200		

- ☐ 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 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 30101810400000000555
БИК 044525555
Главный редактор — *Корольченко Александр Яковлевич*

**По вопросам подписки просьба обращаться по телефонам
(495) 228-09-03, 8-909-940-01-85**

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”);

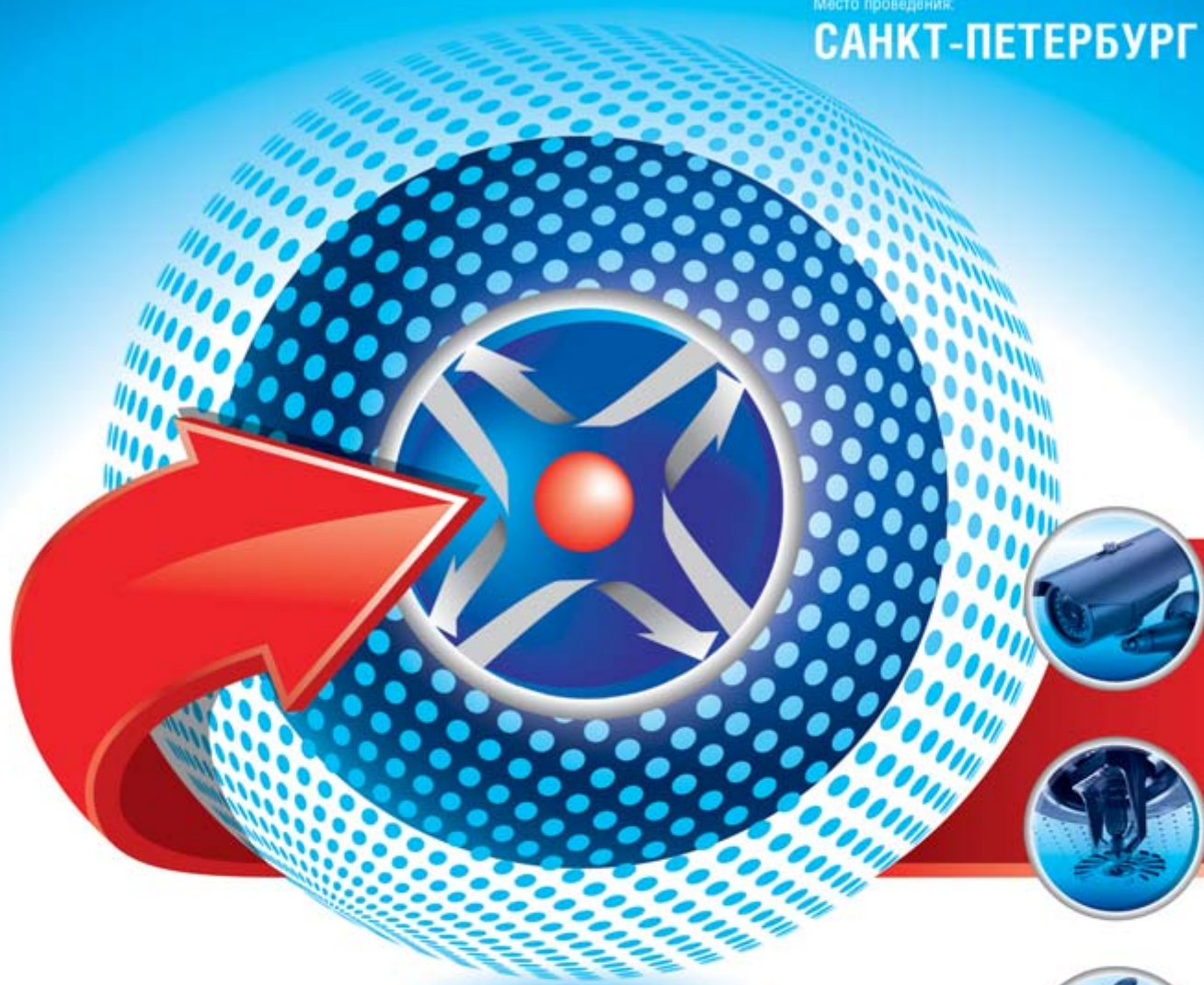
через подписные агентства:
ООО “Интер-Почта 2003”, ООО “ИНТЕР-ПОЧТА-РЕГИОН”,
ООО “Урал-Пресс XXI”, ООО “Информнаука”,
ЗАО “МК-ПЕРИОДИКА”

0+

11-14
НОЯБРЯ | 2014

Место проведения:

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ



РЕКЛАМА



Sfitex

ufi
Approved
Event

St. Petersburg International Security & Fire Exhibition

ОХРАНА И БЕЗОПАСНОСТЬ

23-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

- ⊗ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
- ⊗ СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
- ⊗ СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ
- ⊗ **NEW!** ГАДЖЕТЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Организаторы:



primexpo



ITE GROUP PLC

+7 (812) 380 6009/00, security@primexpo.ru

www.sfitex.ru