

9-2015

ПОЖ Издательство
НАУКА

ПОЖАРОВЗРЫВО-

БЕЗОПАСНОСТЬ



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0869-7493

КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

пожарная • промышленная • производственная • экологическая



ВСЕМИРНЫЙ
ИНДЕКС ЧИСЛА
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ
ПОЖАРНЫХ

24-я Международная выставка
технических средств охраны
и оборудования для обеспечения
безопасности и противопожарной защиты



securika
Sfitex



Санкт-Петербург

**10–12
ноября
2015**

КВЦ «ЭКСПОФОРУМ»

Забронируйте стенд
securika-spb.ru



Технические
средства
обеспечения
безопасности



Системы
охранного
телевидения
и наблюдения



Системы и средства
обеспечения
пожарной
безопасности



Системы
связи
и оповещения



Технические средства
и программное
обеспечение
для защиты информации

РЕКЛАМА

Организаторы:



primexpo



+7 (812) 380 6009/00
security@primexpo.ru
securika-spb.ru

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

ВОГМАН Л. П., ЗУЙКОВ В. А.
Нормы и правила по обеспечению пожарной безопасности при обращении пиротехнической продукции. Часть II. Пожарная безопасность при реализации, хранении, утилизации, транспортировании пиротехнических изделий и проведении фейерверков на открытом воздухе и в помещениях

5

ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА

ДМИТРИЕНКО М. А., ЖДАНОВА А. О., СТРИЖАК П. А.
Особенности испарения капель воды в пламенах типичных горючих жидкостей

25

ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

КОРОЛЕВ Д. С., КАЛАЧ А. В.,
КАРГАШИЛОВ Д. В., СОРОКИНА Ю. Н.
Прогнозирование основных показателей пожаровзрывоопасности органических соединений с помощью дескрипторов и искусственных нейронных сетей, используемых в расчете пожарного риска

32

ОГНЕЗАЩИТА

КУЗНЕЦОВ Е. Б.
Пожарная безопасность.
Фальсификация и недобросовестная конкуренция

39

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

НИКИФОРОВ А. Л., КАРАСЕВ Е. В.,
БУЛГАКОВ В. В., ЖИВОТЯГИНА С. Н.
Использование термохромных материалов в качестве сигнальных средств предупреждения пожаров в электроустановках

41

ПОЖАРОВЗРЫВБЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

БЫКОВ А. И.
Методика оценки массы природного газа, участвующего в образовании огненного факела при разрыве магистрального газопровода

48

СТАТИСТИКА И АНАЛИЗ ПОЖАРОВ

КАЙБИЧЕВ И. А., КАЙБИЧЕВА Е. И.
Всемирный индекс числа профессиональных пожарных

55

ПОЖАРНАЯ ОХРАНА

ПЕРЕВАЛОВ А. С., БАРАКОВСКИХ С. А., КАРАМА Е. А.,
АКУЛОВ А. Ю., ДАЛКОВ М. П., МОКРОУСОВА О. А.
Сущность управления подразделениями пожарной охраны при работе на нефтегазовом комплексе

59

ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

МАСКАЕВА Л. Н., МАРКОВ В. Ф.,
ПОРХАЧЕВ М. Ю., МОКРОУСОВА О. А.
Термическая и радиационная устойчивость ИК-детекторов на основе пленок твердых растворов $Cd_xPb_{1-x}S$

67

СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

ШАРОВАРНИКОВ А. Ф., МЕЛЬНИКОВ А. И.
Экспериментальные исследования огнетушащей способности водных пленкообразующих растворов фторированных поверхностно-активных веществ

74

ВОПРОС – ОТВЕТ

82

GENERAL QUESTIONS OF FIRE SAFETY

VOGMAN L. P., ZUYKOV V. A.
Rules and regulations to ensure fire safety when handling pyrotechnics.
Part II. Fire safety in the implementation, storage, recycling, transportation of fireworks and firework displays outdoors and indoors

COMBUSTION AND EXPLOSION PROCESSES

DMITRIENKO M. A., ZHDANOVA A. O., STRIZHAK P. A.
Features of evaporation of water droplets in flames of typical flammable liquids

FIRE-AND-EXPLOSION HAZARD OF SUBSTANCES AND MATERIALS

KOROLEV D. S., KALACH A. V.,
KARGASHILOV D. V., SOROKINA Yu. N.
Forecast of major indicators of fire and inflammation organic compounds using descriptors and artificial neural networks used in the evaluation of fire risk

FIRE RETARDANCE

KUZNETSOV E. B.
Fire safety.
Adulteration and unfair competition

FIRE HAZARD OF ELECTROTECHNICAL PRODUCTS

NIKIFOROV A. L., KARASEV E. V.,
BULGAKOV V. V., ZHIVOTYAGINA S. N.
Usage of thermochromic materials as fire prevention signalling means in electrical installations

FIRE-AND-EXPLOSION SAFETY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND EQUIPMENT

BYKOV A. I.
Method of estimating of the natural gas mass involved in the formation of a fiery torch at break of the main pipeline

STATISTIC AND ANALYZE OF FIRE

KAIBICHEV I. A., KAIBICHEVA E. I.
Index of professional fireman number in world

FIRE SECURITY

PEREVALOV A. S., BARAKOVSKIKH S. A., KARAMA E. A.,
AKULOV A. Yu., DALKOV M. P., MOKROUSOVA O. A.
Disclosure controls fire departments when working on oil and gas complex

FIRE AUTOMATIC

MASKAEVA L. N., MARKOV V. F.,
PORKHACHEV M. Yu., MOKROUSOVA O. A.
Thermal and radiation stability IR-detectors based on films of solid solutions $Cd_xPb_{1-x}S$

MEANS AND WAYS OF FIRE EXTINGUISHING

SHAROVARNIKOV A. F., MELNIKOV A. I.
Experimental studies of fire extinguishing capacity of the water film forming solutions containing fluorinated surfactants

QUESTION – ANSWER

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

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

Журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК России для публикации трудов соискателей ученых степеней, в Реферативный журнал и базы данных ВИНТИ РАН, в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ). Сведения о журнале ежегодно публикуются в Международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям "Ulrich's Periodicals Directory". Переводные версии статей журнала входят в Международный реферативный журнал "Chemical Abstracts". Перепечатка материалов журнала "Пожаровзрывобезопасность" только по согласованию с редакцией. При цитировании ссылка обязательна. Авторы и рекламодатели несут ответственность за содержание представленных в редакцию материалов и публикацию их в открытой печати. Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов опубликованных материалов.



Пожарная безопасность при проведении фейерверков



Особенности испарения капель воды в пламенах

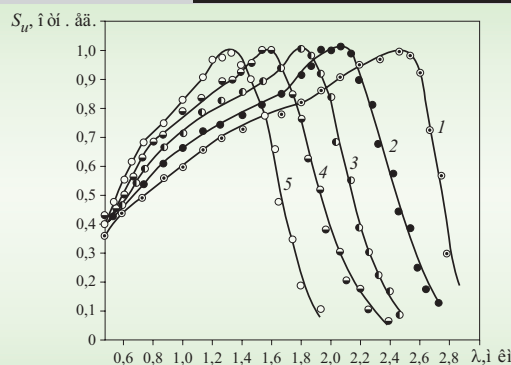
Стр. 5

Стр. 25



Всемирный индекс числа профессиональных пожарных

Стр. 55



Термическая и радиационная устойчивость ИК-детекторов

Стр. 67

Стр. 74



Исследование огнетушащей способности

Председатель Редакционного совета:

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

Зам. председателя Редакционного совета:

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

Редакционный совет:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Шилдс Т. Дж., профессор (Великобритания)

Редакция:

Главный редактор **Корольченко А. Я.**

Шеф-редактор **Соколова Н. Н.**

Редактор **Крылова Л. В.**

Учредитель —

ООО "Издательство "ПОЖНАУКА"

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

Адрес редакции:

121357, Россия, г. Москва, ул. Вересаева, д.10.

Адрес для переписки:

121352, Россия, г. Москва, а/я 43.

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

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

Подписано в печать 15.09.2015. Выход в свет 25.09.2015.

Формат 60x84 1/8. Тираж 2000 экз.

Бумага мелованная матовая. Печать офсетная.

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

**Founder:**

"POZHNAUKA" Publishing House, Ltd.

Editorial Staff:

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

Editorial director **Sokolova N. N.**

Editor **Krylova L. V.**

Address of Editorial Staff:

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

Post office box 43,
Moscow, 121352, Russia.

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

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

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

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

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

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

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

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

Signed for printing 15.09.2015

Date of publication 25.09.2015

Format is 60x84 1/8

Printing is 2000 copies

Chalk-overlay mat paper

Offset printing

Chairman of Editorial Board:

Korolchenko A. Ya.,

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

Deputy Chairman of Editorial Board:

Molkov V. V.,

Doctor of Technical Sciences, Professor (Great Britain)

Editorial Board:

Barbin N. M.,

Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

Brushlinskiy N. N.,

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

Korolchenko D. A.,

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

Mishuev A. V.,

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

Puzach S. V.,

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

Roytman V. M.,

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

Serkov B. B.,

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

Tamrazyan A. G.,

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

Topolskiy N. G.,

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

Kholshchevnikov V. V.,

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

Shebeko Yu. N.,

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

Shields T. J.,

Professor (Great Britain)

Л. П. ВОГМАН, д-р техн. наук, главный научный сотрудник
ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Россия, 143900, Московская обл.,
г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; e-mail: vniipo-3-5-3@ya.ru)

В. А. ЗУЙКОВ, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник
ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Россия, 143900, Московская обл.,
г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12)

УДК 662.11

НОРМЫ И ПРАВИЛА ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБРАЩЕНИИ ПИРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Часть II. Пожарная безопасность при реализации, хранении, утилизации, транспортировании пиротехнических изделий и проведении фейерверков на открытом воздухе и в помещениях

Показано, что согласно статистике пожаров и взрывов наибольшее количество аварий, связанных с обращением пиротехнической продукции, происходит в процессе производства, а также при реализации, хранении и транспортировании пиротехнических изделий (ПИ). Анализируются требования по обеспечению пожарной безопасности ПИ в процессе их обращения (реализация, хранение, погрузочно-разгрузочные работы, транспортирование, утилизация). Приводятся сведения о порядке проведения показов с использованием ПИ как на открытом воздухе, так и в помещении. Подчеркивается необходимость соблюдения требований пожарной безопасности в помещениях: при демонстрации развлекательных эффектов должно быть исключено применение бытовых пиротехнических изделий I–III классов опасности.

Ключевые слова: пожарная безопасность; требования; реализация; хранение; транспортирование; утилизация; фейерверк; открытая площадка; помещение.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.5-24

1. Пожарная безопасность при реализации, хранении, утилизации и транспортировании пиротехнических изделий

1.1. Порядок допуска к реализации и реализация ПИ бытового назначения в розничной торговле

Проанализируем требования пожарной безопасности в процессе обращения пиротехнической продукции [1–20].

Изделия должны поставляться потребителю в заводской упаковке (таре), на которой указываются наименование или знак обращения изделия на рынке, номер партии, дата изготовления, наименование или условный индекс организации-изготовителя, количество изделий, срок годности (гарантийный срок), масса, класс опасности. В упаковку (тару) должен быть вложен инструктивный материал, содержащий сведения об условиях его эксплуатации, о способах безопасной подготовки к работе и его утилизации. В инструкции указываются также гарантийный срок хранения (срок годности), сведения об опасно-

сти изделия, реквизиты организации-производителя, сведения о подтверждении соответствия требованиям Технического регламента о безопасности пиротехнических составов и содержащих их изделий [10].

Упаковка (тара) должна обеспечивать целостность изделий и нанесенных на изделия надписей или этикетки, а также безопасность при их хранении, транспортировании, подготовке к реализации.

Маркировка на упаковке (таре) импортных изделий должна быть выполнена на русском языке, содержать сведения о представляющих опасность особенностях изделий, информацию о подтверждении соответствия пиротехнической продукции требованиям Технического регламента [10], а также другие данные, обусловленные спецификой изделий.

При проведении мероприятий с массовым сосредоточением людей (религиозных мероприятий, вечеров отдыха, дискотек, новогодних, спортивных, концертных, театральных и других представлений) в зданиях, сооружениях и помещениях в целях обеспечения безопасности людей при пожаре запрещается:

- устраивать мероприятия при закрытых на замок (запор) открывающихся решетках на окнах помещений, в которых они проводятся;
- выполнять пожароопасные работы в пределах противопожарного отсека, в котором проводится мероприятие;
- уменьшать нормативную ширину проходов между рядами кресел, стульев и устанавливать в проходах дополнительные кресла, стулья;
- превышать допустимую норму вместимости помещений (максимально допустимое количество людей в помещении должно обеспечивать их эвакуацию из него при существующих размерах путей эвакуации и количестве эвакуационных выходов за время, необходимое для эвакуации).

При необходимости проведения мероприятий, сопровождающихся специальными огневыми эффектами, связанными с применением пиротехнических изделий и источников открытого огня, которые могут привести к пожару, ответственным постановщиком (главным режиссером, художественным руководителем, мастером-демонстратором и др.) должны быть разработаны и приняты меры по предупреждению пожаров (порядок устройства фейерверка; схемы размещения средств пожаротушения, пиротехнических изделий и опасной зоны; порядок хранения и уничтожения непригодных изделий; план мероприятий по предупреждению пожаров и др.). На проведение указанных мероприятий должен выдаваться наряд-допуск, утвержденный руководителем организации.

Изготовление пиротехнических изделий в зданиях и сооружениях, не предназначенных для этих целей, запрещается.

При заключении договора (контракта) на проведение гастролей, представлений и организацию выставок с зарубежными фирмами в договоре необходимо отражать обязательность выполнения положений нормативных документов по пожарной безопасности, действующих в Российской Федерации.

Розничная торговля ПИ бытового назначения производится в магазинах, отделах и секциях магазинов, павильонах и киосках, обеспечивающих сохранность продукции, исключающих попадание на нее прямых солнечных лучей и атмосферных осадков. В торговых помещениях, имеющих площадь не менее 25 м², допускается хранить не более 1200 кг (по массе брутто) пиротехнических изделий. При этом в зданиях магазинов, имеющих два этажа и более, специализированные отделы (секции) по продаже изделий должны располагаться на верхних этажах. Эти отделы не должны примыкать к эвакуационным путям. Конструкция и размещение торгового (выставочного) оборудования на объектах долж-

ны исключать самостоятельный доступ покупателей к пиротехническим изделиям.

К помещениям, в которых осуществляется реализация ПИ, должны предъявляться следующие требования:

- помещение должно быть выгорожено противопожарными стенами не ниже 2-го типа или перегородками не ниже 1-го типа;
- помещение должно быть оборудовано автоматической системой пожаротушения, первичными средствами пожаротушения в соответствии с Правилами противопожарного режима, но не менее чем двумя порошковыми огнетушителями ОП-5 с порошком типа АВСЕ(Д);
- помещение должно быть оборудовано автоматической системой дымоудаления или фрамугой в оконном проеме, открывающейся вручную;
- помещение должно иметь не менее двух эвакуационных выходов, на путях эвакуации должны использоваться материалы негорючие и группы горючести не выше Г1; допускается один выход, если расчетом будет обосновано, что люди из помещения торговли ПИ сумеют покинуть его и эвакуироваться в незадымляемую лестничную клетку типа Н2 до достижения критических значений опасных факторов пожара (ОФП);
- пути эвакуации должны быть оборудованы указателями направления эвакуации людей при пожаре, в том числе люминесцентными;
- помещение обеспечивается системой адресной пожарной сигнализации с выводом сигнала о срабатывании на пульт дежурного и службы "01" с полной его расшифровкой;
- двери в противопожарных стенах должны быть не ниже 2-го типа;
- помещение оборудуется системой оповещения и управления эвакуацией при пожаре 4-го типа;
- ближайшие к помещению лестничные клетки должны быть незадымляемыми типа Н2;
- прибытие пожарного расчета к зданию магазина должно составлять не более 10 мин с момента срабатывания сигнала в службе "01";
- в помещении должен находиться суточный запас ПИ, остальная продукция должна содержаться отдельно в сооружении (контейнере) на территории, примыкающей к магазину, но на расстоянии от здания не менее 15 м.

Загрузка товаров и выгрузка тары на предприятиях торговли и общественного питания должны осуществляться через обособленные выходы и не препятствовать выходу посетителей из здания наружу по эвакуационным путям и через эвакуационные выходы.

Продажа пожароопасных товаров без надписей на таре, содержащих информацию о показателях

пожарной опасности веществ и материалов, запрещается.

Расфасовка пожароопасных товаров должна осуществляться в специально приспособленных для этой цели помещениях. Расфасовка указанных товаров в помещениях складов запрещается.

Хранение товаров из горючих материалов, а также отходов, упаковок и контейнеров в зданиях предприятий торговли, общественного питания и бытового обслуживания населения должно осуществляться в специально предназначенных для этого помещениях. Отходы, а также не используемую при продаже товаров упаковку по мере накопления контейнеров для их сбора следует удалять из торговых залов и вывозить за пределы торгового предприятия. При отсутствии в торговом зале контейнеров для сбора отходов и неиспользуемой упаковки указанные материалы необходимо удалять из торгового зала по мере их появления.

Запрещается хранение горючих товаров и товаров в горючей упаковке в помещениях, не соответствующих требованиям нормативных документов по пожарной безопасности, предъявляемым к указанным помещениям.

Хранение легковоспламеняющихся и горючих жидкостей (в том числе лакокрасочных материалов на их основе), боеприпасов, пиротехнических изделий, спичек, одеколона, духов, веществ в аэрозольной упаковке и других товаров повышенной пожарной опасности должно осуществляться отдельно от других товаров в помещениях, соответствующих установленным требованиям пожарной безопасности.

В процессе реализации пиротехнической продукции должны выполняться следующие требования безопасности:

- витрины с образцами ПИ бытового назначения в торговых помещениях должны обеспечивать возможность ознакомления покупателя с надписями на изделиях и исключать любые действия его с изделиями, кроме визуального осмотра;
- ПИ бытового назначения следует располагать не ближе 0,5 м от нагревательных приборов системы отопления. Огневые работы, а также работы, сопровождающиеся механическими и (или) тепловыми действиями, в помещениях с ПИ бытового назначения не допускаются;
- в торговых помещениях магазинов самообслуживания реализация ПИ бытового назначения должна осуществляться только в специализированных секциях продавцами-консультантами.

Продажа боеприпасов (пороха, капсюлей, снаряженных патронов) и пиротехнических изделий должна производиться только в специализированных магазинах или специализированных отделах (секциях). Запрещается размещать магазины (отделы, секции)

по продаже боеприпасов и пиротехнических изделий в магазинах, пристроенных к жилым, административным зданиям или встроенных в них, а также в зданиях общественного назначения.

Устройство в зданиях этих магазинов печного отопления запрещается.

В магазинах по продаже боеприпасов и пиротехнических изделий запрещается:

- осуществлять торговлю пиротехническими изделиями методом самообслуживания;
- хранить изделия в торговых залах и на путях эвакуации;
- складировать горючую тару и изделия у окон зданий;
- хранить изделия в помещениях, не имеющих оконных проемов или шахт дымоудаления;
- хранить изделия совместно с другими горючими веществами и материалами;
- продавать изделия не в заводской упаковке или вскрывать заводскую упаковку в помещениях складов.

Пиротехнические изделия должны продаваться в упаковке изготовителя и иметь сертификат и инструкцию по применению данного изделия на русском языке.

При хранении пиротехнических изделий на стеллажах высота их верхних полок должна быть не более 1,65 м от пола, расстояние от нижней полки до пола — не менее 0,15 м и от верхней полки до потолка — не менее 1,0 м.

В местах реализации пиротехнических изделий допускается размещение не более одного комплекта вскрытой транспортной упаковки на каждый вид реализуемой продукции.

Инструменты, применяемые в помещениях складов и магазинов боеприпасов, должны быть сделаны из металлов и других материалов, не образующих искр при ударах.

В зданиях (сооружениях) предприятий торговли запрещается:

- проведение огневых работ в торговых залах во время нахождения в них покупателей;
- размещение в торговом зале отделов, секций по продаже легковоспламеняющихся и горючих жидких веществ (средств), пиротехнических изделий, а также товаров в аэрозольной упаковке ближе 4 м от выходов в лестничные клетки и других эвакуационных выходов;
- установка и использование в помещениях торговых залов баллонов с горючими газами;
- размещение пунктов по ремонту часов, гравюрных и других мастерских, торговых, игровых аппаратов, а также торговля товарами на путях эвакуации в лестничных клетках и тамбурах.

Реализация ПИ бытового назначения запрещается:

- на объектах торговли, расположенных в жилых зданиях, зданиях вокзалов (воздушных, морских, речных, железнодорожных и автомобильных), на платформах железнодорожных станций, в наземных вестибюлях станций метрополитена, уличных переходах и иных подземных сооружениях, а также в транспортных средствах общего пользования и на территориях пожароопасных производственных объектов;
- лицам, не достигшим 16-летнего возраста (если производителем не установлено другое возрастное ограничение);
- при отсутствии (утрате) идентификационных признаков продукции с истекшим сроком годности, со следами порчи, а также без инструкции (руководства) по эксплуатации, обязательного сертификата соответствия либо знака соответствия. На объектах торговли запрещается:
- хранить ПИ в помещениях, не имеющих оконных проемов или шахт дымоудаления;
- хранить ПИ совместно с другими горючими веществами и материалами;
- проводить огневые работы во время нахождения людей в торговых залах, а также в помещениях, где хранятся ПИ;
- расфасовывать изделия в торговых залах и на путях эвакуации;
- хранить пороховые изделия совместно с капсюлями или пиротехническими изделиями в одном шкафу;
- размещать упаковку (тару) с изделиями и шкафы (сейфы) с изделиями в подвальных помещениях;
- осуществлять продажу изделий не в заводской упаковке или раскупоривать упаковку (тару) с изделиями в помещении складов.

1.2. Хранение и утилизация пиротехнической продукции

Хранение ПИ должно осуществляться в соответствии с требованиями Технического регламента [10], нормами Требований пожарной безопасности при распространении и использовании пиротехнических изделий [11], а также в соответствии с ГОСТ Р 51270 [12], Правилами противопожарного режима в Российской Федерации [21] и другими документами.

Хранение пиротехнической продукции должно осуществляться в оборудованных и допущенных к эксплуатации в установленном порядке складских зданиях (сооружениях), помещениях, в которых обеспечивается безопасность, сохранность, учет и возможность проверки наличия учитываемой продукции.

Безопасность хранения пиротехнической продукции обеспечивается выполнением требований экс-

плуатационной документации к нормам загрузки, длительности хранения (температура, влажность), совместимости продукции при хранении, а также наличием средств индивидуальной защиты, автоматических и первичных средств пожаротушения, принятием мер по предотвращению аварийных ситуаций и ликвидации их последствий.

Хранение пиротехнической продукции осуществляется на оптовых, расходных складах и складах розничной торговли в штабелях (на поддонах или деревянных настилах) и на стеллажах. Склады должны располагаться вне селитебной территории.

Хранение ПИ на складах в зависимости от класса опасности осуществляется в соответствии с табл. 1.

На оптовых и расходных складах могут проводиться работы только по приему, хранению и выдаче пиротехнической продукции. Хранение ПИ должно осуществляться только в упаковке (таре) поставщика с соблюдением требований маркировочных и манипуляционных знаков и надписей. Вскрытие упаковки (тары) должно производиться в отдельных помещениях.

Нормы загрузки складов должны устанавливаться с учетом степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности зданий (сооружений), характеристик хранимых составов и изделий, расстояний от зданий складов до других зданий, сооружений, коммуникаций и мест массового пребывания людей и подлежат согласованию с органами государственной противопожарной службы.

Норма загрузки складских помещений категории В1 не должна превышать 300 кг ПИ (по массе брутто) на 1 м², а норма загрузки помещений категорий В2–В4 рассчитывается по удельной пожарной нагрузке, установленной для данной категории помещений в соответствии с СП 12.13130.2009 [22].

Временное хранение на складах пришедшей в негодность бракованной пиротехнической продукции допускается только в специально выделенном месте и при наличии предупредительной информации. Пиротехническую продукцию, которая хранится в упаковке (таре) с нарушением целостности и представляет опасность в обращении, изолируют и хранят в отдельном помещении (месте) или отдельной упаковке.

Таблица 1. Хранение ПИ на складах в зависимости от класса опасности

Класс опасности	Склад розничной торговли	Склад расходный	Склад оптовый
I–III	Разрешается	Разрешается	Разрешается
IV	Не разрешается	То же	То же
V	То же	“	“
Va	“	Разрешается в специализированных организациях	

Пиротехнические изделия бытового назначения, приобретенные гражданами для личного пользования в количестве не более 300 кг (по массе брутто), хранятся с соблюдением требований пожарной безопасности и инструкций по применению соответствующих изделий.

Запрещается на складах и в кладовых помещениях совместное хранение пиротехнической продукции с иными товарами (изделиями). Необходимо обеспечить защиту упаковок с пиротехнической продукцией от попадания прямых солнечных лучей и атмосферных осадков.

Запрещается размещение кладовых помещений для ПИ на объектах торговли площадью более 25 м².

Загрузка ПИ торгового зала объекта торговли не должна превышать норму загрузки склада либо помещения. Для объектов торговли площадью менее 25 м² количество ПИ не должно превышать 100 кг (по массе брутто). Допускается хранение и реализация одновременно не более 1200 кг ПИ бытового назначения по массе брутто в торговых помещениях, имеющих площадь не менее 25 м².

ПИ на объектах торговли должны храниться в неотапливаемых помещениях, отгороженных противопожарными перегородками 1-го типа (не ниже EI 45) и стенами 2-го типа (не ниже REI 45). Стены и потолки этих помещений должны быть побелены и иметь легкосбрасываемые конструкции из расчета 0,03 м² на 1 м³ объема помещения. При этом следует учитывать, что оконное стекло относится к легкосбрасываемым конструкциям при толщине 3; 4 и 5 мм и площади соответственно не менее 0,8; 1,0 и 1,5 м².

Полы на складах необходимо выполнять из негорючих материалов, исключающих искрообразование.

Двери складов должны открываться по направлению эвакуации.

Склады должны иметь не менее двух выходов наружу, расстояние до которых от любой точки пола не должно превышать 30 м. Допускается для складов длиной до 12 м выполнять один выход наружу.

Окна должны быть снабжены решеткой и быть распашными. Стекла окон в сторону солнечной стороны должны быть выкрашены белой краской.

Система энергоснабжения пожарно-охранной сигнализации должна иметь дублирующий источник электропитания, срабатывающий автоматически при отключении основной электросети.

Искусственное освещение оптовых складов должно быть, как правило, наружное (кососветы или софиты).

Система вентиляции должна исключать возможность распространения пожара по воздуховодам из одного помещения в другое.

Аппараты, предназначенные для отключения электропитания складских сооружений, следует располагать вне этих сооружений на негорючей стене или на отдельно стоящей опоре, устанавливая в шкафу или в нише с приспособлением для опломбирования и закрывания на замок.

ПИ должны, как правило, храниться отдельно от других веществ и материалов. При размещении изделий на складах необходимо учитывать требования ГОСТ 12.1.004–91 [23] и Правил противопожарного режима [21] по совместимости их с другими горючими веществами и материалами.

Изделия, не использованные в показах и возвращенные на склад после фейерверков и салютов, должны находиться в упаковке (таре) заводского изготовления, а упаковка (тара) должна быть опломбирована.

Все операции, связанные со вскрытием тары, проверкой ее исправности и мелким ремонтом, расфасовкой или переупаковкой продукции, должны выполняться в отдельных помещениях, изолированных от других помещений склада противопожарными перегородками 1-го типа. Разбитые и поврежденные упаковки (тара) должны быть отбракованы и заменены исправными.

Упаковку (тару) с изделиями следует хранить в штабелях или на стеллажах. Размещение упаковки (тар) с изделиями в штабелях и на стеллажах должно обеспечивать доступ для осмотра и изъятия изделий из любого штабеля (стеллажа).

В складских помещениях при бесстеллажном способе хранения материалы следует укладывать в штабели. Ширина проходов и места штабельного хранения должны быть обозначены хорошо видимыми ограничительными линиями, нанесенными на полу.

Напротив дверных проемов складских помещений необходимо оставлять свободные проходы шириной, равной ширине дверей, но не менее 1 м. При ширине склада более 10 м по середине его следует устраивать продольный проход шириной не менее 2 м. Поперечные проходы в складских помещениях должны быть шириной не менее 2 м и располагаться друг от друга на расстоянии не более 20 м по длине склада. Проходы между стеной и складировемыми материалами должны иметь ширину не менее 0,8 м.

Складирование материалов в проходах складских помещений запрещается.

При укладке штабелей упаковок (тар) должны быть предусмотрены проходы между ними: для осмотра — не менее 0,7 м, для погрузки и разгрузки — не менее 1,5 м. Расстояние от конца штабеля до стенки со стороны входа должно составлять не менее 1,25 м, от штабеля до задней и торцевой стен — не менее 0,7 м.

Через каждые 6 м на складах, как правило, следует устраивать продольные проходы шириной не менее 0,7 м.

Высота штабелей должна быть не более 3 м, ширина — не более 5 м.

Упаковки (тара) должны быть уложены крышками вверх, под нижними рядами укладывается настил из досок для обеспечения воздухообмена.

Высота верхних полок стеллажей должна составлять не более 1,65 м от пола, расстояние от нижней полки до пола — не менее 0,15 м и от верхней полки до потолка — не менее 1 м.

Стеллажи должны иметь такое устройство, чтобы при полной загрузке исключить их оседание и перекос. Все части стеллажа должны быть соединены и скреплены между собой шипами без применения металла. Доски стеллажей допускается прикреплять гвоздями с утоплением их головки на 0,5 см и замазыванием углублений шпаклевкой.

Одновременный прием изделий на склад и выдача их со склада запрещается. Прием и выдачу грузов производят, как правило, в светлое время суток. При необходимости эти работы можно осуществлять и в темное время суток при наличии наружного искусственного освещения.

Территорию склада следует содержать в чистоте, не допуская хранения поврежденной тары, посторонних и горючих материалов.

В ясную погоду в складах необходимо устраивать проветривание.

Проходы, подъезды к складским зданиям и сооружениям, пожарным водоемам, а также подступы к противопожарному инвентарю и оборудованию должны быть всегда свободными.

Каждый склад (складское сооружение) должен иметь молниезащиту в виде отдельно стоящих молниеприемников.

Расстояние складов до лесных массивов должно быть не менее 500 м.

Для защиты складов от лесных и полевых пожаров необходимо провести следующие мероприятия:

- снять дерн на расстоянии не менее 5 м вокруг каждого здания (сооружения);
- сделать канавы по периметру территории склада шириной 1,5–3,0 м и глубиной 0,5–1,0 м или вспахать полосу земли шириной 5 м для снятия растительности с внешней стороны от ограды склада не ближе 10 м от нее. Откосы и дно канав следует периодически очищать от растительности.

Складские помещения должны быть оборудованы автоматическими установками пожаротушения (АУП), системами пожарной сигнализации (СПС), средствами телефонной связи, а также первичными средствами тушения (огнетушителями, пожарным инвентарем) в соответствии с требованиями [21].

В случае пожара на территории склада работники, находящиеся на складе, обязаны вызвать пожарную охрану, принять меры к тушению и предотвращению дальнейшего распространения огня, организовать встречу прибывающих подразделений. При невозможности предотвращения распространения пламени на продукцию и оборудование склада должны быть приняты незамедлительные меры к эвакуации людей на безопасное расстояние.

На каждом объекте в установленном порядке должен быть разработан план тушения пожара, один экземпляр которого хранится на объекте, второй — в помещении охраны объекта, третий — в пожарной охране.

Тушение пожара следует осуществлять в соответствии с планом (или карточкой) тушения пожара, разработанным и утвержденным совместно руководителями предприятия и обслуживающего склад подразделения пожарной охраны.

По прибытии подразделений пожарной охраны ответственное лицо должно предоставить пожарным уточненную информацию о ЧС и выдать разрешение (допуск) на выполнение работ по тушению пожара.

Порядок привлечения техники к тушению пожара определяется расписанием выездов и планом привлечения сил и средств тушения пожаров, утвержденным органом местного самоуправления.

Наружное пожаротушение складов должно быть предусмотрено от коллектора водопроводной сети или от пожарных водоемов. Расход воды должен составлять не менее 20 л/с, продолжительность тушения пожара — 2 ч.

Склады постоянного и временного хранения пиротехнических изделий должны приниматься комиссией, в состав которой привлекаются представители владельца склада, вышестоящей организации и пожарной охраны.

Приемка склада в эксплуатацию комиссией осуществляется на основании требований нормативных документов и оформляется актом, в котором указывается тип и вместимость склада и каждого хранилища в отдельности, а также соответствие здания (сооружения) склада проекту.

В каждом складе (сооружении) должны быть вывешены таблички с нормой загрузки, инструкциями по правилам хранения изделий, пожарной безопасности, порядку ведения работ.

В складских зданиях для хранения горючих материалов и негорючих материалов в горючей упаковке (таре) запрещается:

- устройство перегородок из горючих материалов для разделения помещений склада и вспомогательных помещений;
- установка прожекторов наружного освещения на крышах складских зданий;

- укладка и хранение продукции вплотную к радиаторам и трубам отопления.
- ПИ должны храниться в зданиях (помещениях), соответствующих требованиям пожарной безопасности, установленным для складских зданий (помещений) категории В по взрывопожарной и пожарной опасности, если иное не установлено нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Полы складов и мест погрузки-разгрузки пиротехнических изделий должны выполняться из негорючих материалов, исключающих искробразование.

Внутреннее искусственное освещение зданий (помещений) складов должно осуществляться лампами (светильниками) во взрывобезопасном и искробезопасном исполнении. Распределительные щиты, выключатели и другие электротехнические устройства должны иметь искробезопасное исполнение и устанавливаться за пределами складских помещений.

Хранение ПИ и тары для их упаковки должно осуществляться в отдельных складских помещениях.

Упаковка ПИ должна обеспечивать сохранность изделий и нанесенной на них маркировки, а также неизменность характеристик безопасности в пределах срока годности.

Транспортная упаковка ПИ должна быть выполнена из негорючих материалов или из горючих материалов, обработанных огнезащитным составом, содержащим порошковый пламегаситель (дициандиамида, тиомочевина, карбамид, оксамид и др.) в количестве 50 г/м³, но не менее 50 г в пакете. Транспортная упаковка должна выдерживать воздействие открытого огня в течение 3 с и иметь специальный знак пожарной безопасности “УПАКОВКА ОГНЕЗАЩИЩЕНА”, а на наружной поверхности — “ВНУТРЕННЯЯ ОГНЕЗАЩИТА”.

Пожароопасные работы в помещениях склада должны проводиться только после освобождения их от ПИ и пожароопасных материалов.

Переупаковка ПИ должна осуществляться в мастерских, расположенных в отдельно стоящем здании, соответствующем требованиям пожарной безопасности, предъявляемым к зданиям (помещениям) категории В по взрывопожарной и пожарной опасности.

Хранение пиротехнических изделий с истекшим сроком годности, признаками нарушения целостности упаковки и без инструкции по применению запрещается.

Превышение установленных норм загрузки складских помещений запрещается.

Все операции, связанные со вскрытием упаковки, проверкой, расфасовкой или переупаковкой продук-

ции, должны производиться в помещениях, изолированных противопожарными преградами.

К месту погрузки и разгрузки пиротехнических изделий должен допускаться только один автомобиль. Другие автомобили с пиротехническими изделиями должны находиться на расстоянии не менее 20 м от места погрузки-разгрузки.

Места погрузки-разгрузки упаковок с пиротехническими изделиями должны иметь осветительное электрооборудование в искробезопасном исполнении.

Электрооборудование погрузочно-разгрузочных механизмов, используемых в складских помещениях, должно быть в искробезопасном исполнении, а двигатели внутреннего сгорания указанных механизмов должны работать только на дизельном топливе и быть оснащены искрогасителями.

Для утилизации, переупаковки и подготовки пиротехнической продукции к демонстрациям и показам на объектах складов могут использоваться отдельно стоящие здания (сооружения) мастерских. Они должны быть одноэтажными, прямоугольной формы, без чердаков, не ниже II степени огнестойкости. Стены, потолки и перегородки должны быть оштукатурены (сухая штукатурка не допускается) и покрашены водостойкой краской.

В мастерской запрещается: пользоваться инструментом и приспособлениями, не предусмотренными инструкциями, а также загрязненной упаковкой (тарой); проводить работы в спецодежде и обуви, не удовлетворяющих требованиям техники безопасности и пожарной безопасности; хранить предметы и материалы, не используемые непосредственно в технологическом процессе; оставлять предметы одежды и обуви на оборудовании и коммуникациях.

В процессе утилизации пиротехнической продукции должны выполняться следующие требования безопасности:

- ПИ, утратившие свои потребительские свойства (бракованные, потерявшие товарный вид, с истекшим сроком годности), подлежат утилизации потребителем с соблюдением мер пожаровзрывобезопасности в соответствии с требованиями, указанными в эксплуатационной документации или в виде маркировочного обозначения на изделии;
- утилизация пиротехнической продукции, а также отходов производства и потребления с целью получения вторичной продукции (сырья, материалов, комплектующих элементов) осуществляется организациями, имеющими лицензию на производство пиротехнических изделий, в соответствии с технологической инструкцией (технологическим процессом).

В мастерской должна находиться следующая документация:

- технологическая планировка (схема) расположения рабочих мест, мест хранения изделий с указанием количества изделий каждой номенклатуры, средств тушения и сигнализации о пожаре, утвержденная в установленном порядке;
- операционные инструкции и нормы хранения изделий на каждом рабочем месте, утвержденные в установленном порядке;
- инструкция по пожарной безопасности;
- журналы движения продукции, приемки и сдачи мастерской в начале и конце рабочего дня.

1.3. Погрузочно-разгрузочные работы и транспортирование фейерверочной продукции

Транспортирование пиротехнической продукции осуществляется в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на данном виде транспорта и установленными законодательством Российской Федерации, с учетом класса опасности продукции и при обеспечении сохранения ее свойств.

Тара и упаковка, в которых опасные грузы предъявляются грузоотправителями к перевозке, должны соответствовать требованиям пожарной безопасности, установленным к таре и упаковке для соответствующего вида опасного груза.

При транспортировании ПИ, наряду с правилами пожарной безопасности, должны соблюдаться положения нормативных документов, регламентирующих порядок перевозки указанных изделий на различных видах транспорта.

Пиротехническая продукция допускается к перевозке только при условии, что она упакована, маркирована, имеет манипуляционные знаки, необходимые сопроводительные документы и при перевозке будут сохранены ее потребительские свойства и обеспечено соответствие требованиям эксплуатационной документации.

Пиротехнические изделия бытового назначения, приобретенные гражданами для личного пользования в количестве не более 300 кг (по массе брутто), разрешается перевозить с соблюдением требований эксплуатационной документации.

Перевозка ПИ, имеющих подкласс транспортной опасности 1.4, без ограничения массы производится автомобильным транспортом по маршруту, разработанному грузоотправителем или грузополучателем, с соблюдением требований правил перевозки одним транспортным средством, имеющим свидетельство о допуске к перевозке опасных грузов и управляемым водителем, имеющим допуск к перевозке опасных грузов. Согласование маршрута перевозки с уполномоченным федеральным органом исполнительной власти и оформление разрешения на перевозку не требуются. Для сопровождения гру-

за грузоотправитель или грузополучатель выделяет ответственное лицо, функции которого может выполнять водитель, знающий свойства и особенности перевозимых пиротехнических изделий.

Опасные грузы должны предъявляться грузоотправителями к отправке в упаковке (таре), соответствующей нормативной документации на данную продукцию.

Упаковка (тара) должна быть прочной, исправной, обеспечивать сохранность груза в пути и его безопасность. Материал, из которого изготовлена упаковка (тара), должен быть инертным по отношению к содержащейся в ней пиротехнической продукции.

На случай выхода из строя упаковки (тары) при движении транспортного средства при погрузке следует предусмотреть несколько резервных пустых упаковок.

Транспортная упаковка (тара) для пиротехнических изделий бытового назначения подвергается огнезащитной обработке и содержит пламегаситель. На тару наносятся специальный знак пожарной безопасности "Упаковка с огнезащитой" и надпись "Внутренняя огнезащита", а также класс (подкласс) опасных грузов.

К месту погрузки-разгрузки допускается только одна машина с пиротехнической продукцией. Расстояние между автомобилем и складом (сооружением), на который доставляется продукция, должно быть не менее 5 м. Другие автомобили с продукцией должны находиться на безопасном расстоянии, но не менее 20 м.

Стоянка и ремонт погрузочно-разгрузочных и транспортных средств в складских помещениях и на дебаркадерах не допускается.

Хранение складированных товаров (грузов) на погрузочно-разгрузочных rampах (платформах) запрещается.

В зданиях складов все операции, связанные со вскрытием тары, с проверкой исправности, мелким ремонтом и расфасовкой продукции, должны производиться в помещениях, изолированных от мест хранения.

Перевозка ПИ транспортным средством должна осуществляться в соответствии с требованиями правил перевозки опасных грузов, действующими на данном виде транспорта, и с соблюдением защитных мер, предусмотренных технической документацией на продукцию.

При перевозке ПИ и в местах погрузочно-разгрузочных работ запрещается курение и использование открытого огня.

Запрещается производить погрузочно-разгрузочные работы с ПИ при работающем двигателе автомобиля.

Инструмент и детали, применяемые для крепления упаковок (тары) на транспортном средстве, должны быть в искробезопасном исполнении.

При транспортировании пиротехнической продукции в стационарной упаковке или в специальных контейнерах разрешается использовать изготовленные в промышленных условиях автокары и электрокары, оборудованные двумя порошковыми огнетушителями с порошком типа ВСЕ(Д).

Стоянка и ремонт автомобилей, груженых ПИ, в населенных пунктах запрещены.

При повреждении упаковки с изделиями в пути следования продукция с нарушенной упаковкой в целях недопущения возгорания ПИ должна быть снята с автомобиля и переупакована на безопасном расстоянии от автомобиля.

Места погрузки-разгрузки пиротехнической продукции должны быть оборудованы:

- специальными приспособлениями, обеспечивающими безопасные условия работы (козлы, стойки, щиты, трапы, мостки, носилки и т. п.). Ширина мостков должна быть не менее 1 м, трапов — не менее 1,0–1,5 м при толщине досок не менее 50 мм;
- первичными средствами пожаротушения (не менее двух порошковых огнетушителей с порошком типа ВСЕ(Д));
- исправным стационарным или временным освещением.

Перед началом погрузочно-разгрузочных работ следует обеспечить проходы шириной не менее 5 м. Проходы для погрузки и выгрузки, а также мостки и трапы во избежание скольжения, особенно в зимнее время, следует посыпать песком или шлаком. При выполнении работ следует соблюдать требования, указанные в виде маркировочных и предупреждающих знаков на упаковке (таре).

Используемые при погрузке-разгрузке механизмы должны быть в исправном состоянии и удовлетворять требованиям пожарной безопасности.

В местах погрузочно-разгрузочных работ не допускается использовать открытый огонь.

Водители машин во время погрузки-разгрузки пиротехнической продукции не должны оставлять транспортные средства без присмотра. Не разрешается проводить работы при включенных двигателях автомобиля.

По окончании работ по погрузке-разгрузке пиротехнической продукции необходимо выполнить осмотр транспортного средства, собрать и удалить остатки упаковки (тары) и мусор. При повреждении упаковки и изделий составляется акт, и ответственное лицо принимает решение о необходимости переупаковки, уничтожения или утилизации изделий.

Транспортные средства для местных перевозок должны удовлетворять следующим требованиям:

- исключение искрения, воздействия смазочных материалов на упаковки и изделия;
- отсутствие мест, недоступных для уборки и очистки с целью предупреждения заливания, коркообразования и защемления продукции;
- применение негорючих и совместимых с пиротехническими составами материалов.

К управлению транспортными средствами, на которых осуществляется перевозка фейерверочной продукции, допускаются лица, имеющие стаж работы водителем не менее 3 лет, удостоверение на право управления транспортным средством соответствующей категории, прошедшие специальную подготовку, инструктаж по безопасности перевозки пиротехнической продукции и медицинский контроль.

Водитель, выполняющий перевозку пиротехнической продукции, кроме документов, удостоверяющих права на вождение и на транспортное средство, должен при себе иметь:

- аварийную карточку системы информации об опасностях;
- свидетельство о допуске транспортного средства к перевозке пиротехнической продукции;
- путевой лист, в котором указан маршрут перевозки, условный номер по списку ООН, а в верхнем углу красным цветом стоит отметка “Опасный груз”.

В пункт следования продукция сопровождается ответственными лицами, которые не должны оставлять без надзора опасный груз до сдачи его грузополучателю.

Ответственные лица должны иметь свидетельства о допуске к сопровождению опасного груза. Свидетельство выдается после обучения по ПТМ и сдачи экзамена на предприятии, имеющем лицензию на право обучения правилам пожарной безопасности при обращении с ПИ.

Перевозка ПИ, длительность которой превышает 12 ч, должна осуществляться двумя водителями. При следовании колонны в составе более двух автомобилей ответственные лица могут находиться только в первой и последней машинах.

При укладке упаковки (тары) в кузове автомобиля или другого транспортного средства запрещается ходить по нижним рядам при укладке последующих рядов.

Упаковку (тару) располагают равномерно по полу транспортного средства и надежно закрепляют. Для крепления применяют распорки из дерева, пеньковые, манильские канаты. Инструмент и материалы, используемые для крепления, должны быть из металла, не дающего искры.

При перевозке продукции, подлежащей частичной выгрузке по пути следования, каждую партию следует укреплять отдельно и таким образом, чтобы при дальнейшем следовании исключить вероятность сдвига оставшегося груза со своих мест.

Автомобили, предназначенные и оборудованные для перевозки ПИ, а также автомобили общего назначения, систематически (более двух раз в неделю) используемые для этих целей, оборудуются выпускной трубой с глушителем с выносом ее на правую сторону перед радиатором. Если расположение двигателя не позволяет провести такое переоборудование, допускается выводить выпускную трубу на правую сторону вне зон кузова и топливной коммуникации.

В случае разовых перевозок ПИ на автомобилях общего назначения необходимо устанавливать на выпускную трубу искрогаситель серийного производства или изготовленный по технической документации, прошедшей экспертизу.

Топливный бак (кроме газовых баллонов) необходимо оборудовать металлическими щитками со стороны передней и задней стенок, а со стороны днища — стальной сеткой с размером ячеек 10×10 мм. Расстояние от топливного бака до щитков и сетки должно быть не менее 20 мм. Топливный бак должен быть удален от двигателя, электропроводов и выпускной трубы, чтобы в случае утечки горючее стекало непосредственно на землю.

Если в качестве тентов открытых кузовов, предназначенных для размещения упаковки (тары) пиротехнической продукции, используется ткань, то она должна быть группы НГ или не выше Г1, непромокаемой, хорошо натянутой и перекрывать борта кузова не менее чем на 200 мм. Ткань должна закрепляться на специальных крючках и петлях, расположенных на всех бортах кузова.

Каждое транспортное средство, предназначенное для перевозки ПИ, комплектуется: зеркалами заднего вида с обеих сторон; набором инструментов для мелкого (аварийного) ремонта; тремя порошковыми огнетушителями ОП-5 типа ВСЕ(D); мигающим фонарем красного цвета и знаком аварийной остановки; переносным светильником во взрывобезопасном исполнении; аптечкой; красным флажком, устанавливаемым с левой стороны кабины; двумя знаками “Въезд запрещен”; кошмой размером 1×1 м; комплектом цепей проскальзывания; сухим песком массой не менее 30 кг.

Допустимые скорости при транспортировании ПИ составляют:

- 15 км/ч — на территории предприятия;
- 60 км/ч — по дорогам с асфальтовым или бетонным покрытием вне территории предприятия;
- 30 км/ч — по булыжным и проселочным дорогам.

При следовании двух и более автомобилей расстояние между ними должно быть не менее 150 м, а в туман, на пыльной дороге, в гололедицу, при подъеме и спуске с горы — 100 м.

При ремонте автомобиля по пути следования его необходимо разгрузить, упаковки (тару) унести от автомобиля на безопасное расстояние или перегрузить в другой автомобиль.

Стоянку автомобилей, груженных изделиями, допускается устраивать вне населенных пунктов и в стороне от проезжих дорог.

При повреждении упаковки с изделиями в пути следования продукция с нарушенной упаковкой (тарой) должна быть снята с транспортного средства и переупакована в исправную упаковку (тару). Работу следует выполнять на безопасном расстоянии от автомобиля.

Водители и лица, сопровождающие груз, обязаны постоянно наблюдать за состоянием груза, его креплением и немедленно принимать меры к устранению замеченных нарушений в упаковке (таре) и его компоновке.

Водителям и лицам, сопровождающим груз, курить в пути следования запрещается. Присутствие посторонних в кабине и кузове не допускается.

2. Обеспечение требований пожарной безопасности при проведении фейерверков на открытом воздухе и в помещениях

2.1. Подготовка и демонстрация фейерверков. Место и время проведения фейерверков

Проанализируем требования пожарной безопасности при устройстве фейерверочных представлений на открытых площадках и в помещениях.

При подготовке и проведении фейерверков в местах массового пребывания людей с использованием фейерверочных изделий III и IV классов опасности следует соблюдать следующие правила:

- должны быть разработаны технические решения (условия), согласованные с местными органами ГПС, при выполнении которых возможно проведение фейерверка. Они должны включать схему местности с нанесением на нее пунктов размещения фейерверочных изделий, с указанием безопасных расстояний до сооружений и границ безопасной зоны, а также мест хранения изделий. Безопасные расстояния от мест проведения фейерверка до зданий и зрителей определяются с учетом требований инструкции на применяемые фейерверочные изделия;
- зрители должны находиться с наветренной стороны;
- на площадках, с которых запускаются пиротехнические изделия, запрещается курить и разво-

дить огонь, а также оставлять пиротехническую продукцию без присмотра;

- места для проведения фейерверков должны быть огорожены и оснащены первичными средствами пожаротушения;
- охрана мест и безопасность при устройстве фейерверков возлагаются на организацию, устраивающую фейерверк;
- после использования фейерверочных изделий территорию необходимо осмотреть и очистить от отработанных и несработавших пиротехнических изделий и их элементов.

Место проведения фейерверков должно отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать безопасность зрителей, демонстрантов и окружающих объектов;
- обеспечивать требования пожарной безопасности;
- обеспечивать удобство работ при подготовке, проведении и просмотре фейерверка.

Наилучшим местом для проведения фейерверков является берег водоема, реки.

К местам, запрещенным для проведения фейерверков, относятся:

- территории, здания, сооружения, строения, не отвечающие требованиям безопасности;
- места вблизи пожароопасных, взрывоопасных и вредных производств и объектов; полосы отчуждения транспортных узлов, развязок, мостов, дорог, нефте-, газо- и продуктопроводов, линий электропередач;
- балконы, лоджии, крыши, выступающие части фасадов зданий;
- территории и площадки, примыкающие к зданиям и сооружениям больниц и детских учреждений;
- территории объектов, имеющих нравственно-культурное значение, в том числе памятников истории и культуры, кладбища и культовые сооружения, заповедники, заказники и национальные парки, места паломничества;
- зоны и площади, отведенные для митингов, шествий, демонстраций, пикетирования и других массовых мероприятий.

На период проведения фейерверков по согласованию с местными органами власти органы ГПС могут вводить боевое дежурство пожарных и (или) пожарных машин с боевым расчетом, участие и количество которых устанавливаются в каждом конкретном случае.

При возникновении аварийных ситуаций, включающих все случаи повреждений изделий или нарушений инструкции по их использованию, работы должны быть приостановлены и могут быть возоб-

новлены только при устранении всех замеченных нарушений.

Проведение салютов и фейерверков должно осуществляться до 23.00, за исключением дней государственных праздников, и при наличии разрешения на проведение мероприятия, полученного в установленном порядке.

2.2. Требования к участникам проведения фейерверков

Проведение фейерверка может выполняться организацией-демонстратором (исполнителем), которая имеет лицензию (разрешение или допуск), зарегистрирована в установленном порядке в качестве юридического лица и устав которой предусматривает данный вид деятельности.

В обязанности демонстратора (исполнителя) фейерверка при его подготовке и проведении входит:

- разработка и согласование с организатором (заказчиком) фейерверка программы его проведения, схемы (карты) местности с указанием мест расположения пусковой площадки и установки пускового оборудования, укрытий для пиротехников и зрительских зон (с обозначением границы опасной зоны), а также перечня мероприятий по обеспечению безопасности людей и защиты материальных ценностей;
- контроль границ опасной зоны, обеспечение порядка и отсутствия посторонних лиц на пусковой площадке и на территории опасной зоны во время подготовки и проведения фейерверка;
- осмотр и уборка территории от несработавших ПИ и их элементов;
- обеспечение пусковой площадки первичными средствами пожаротушения.

Демонстратор (исполнитель) при подготовке и проведении фейерверка несет ответственность:

- за безопасность при обращении с фейерверочными изделиями и их сохранность при доставке к месту проведения фейерверка, при его подготовке и запуске;
- за соблюдение требований безопасности в опасной зоне, за жизнь и здоровье специалистов и пиротехников, работающих в опасной зоне, за сохранность имущества, пускового оборудования и транспортных средств.

В обязанности организатора (заказчика) фейерверка, который может быть юридическим или физическим лицом, входит:

- уведомление местных органов УВД (ОВД) и государственного пожарного надзора о месте и времени проведения фейерверка, согласование с ними программы и схемы местности с указанием места расположения пусковой площадки, обозначением границы опасной зоны, а также

мероприятий по обеспечению безопасности людей и порядка проведения мероприятия;

- получение разрешения от административного органа на проведение фейерверка;
- обеспечение охраны пусковой площадки и опасной зоны от проникновения посторонних лиц, защиты персонала и сохранности фейерверочных изделий (с привлечением правоохранительных органов);
- получение разрешения на привлечение (при необходимости) местных органов ГПС к осуществлению надзора за фейерверком и принятию мер в случае возникновения пожара;
- контроль за подготовкой, проведением фейерверка и уборкой территории опасной зоны исполнителем.

2.3. Разрешение на проведение фейерверка

Для получения разрешения на проведение фейерверка во время массового мероприятия его организатор (заказчик) обязан подать в соответствующий административный орган письменное обращение в срок не менее чем за 15 дней (праздничные дни в этот срок не включаются) до намечаемой даты проведения массового мероприятия.

В письменном обращении указываются следующие сведения:

- наименование, адрес и реквизиты организатора (заказчика) (организации или частного лица), фамилия, имя, отчество организатора (заказчика) фейерверка или его уполномоченных с указанием должностей, адресов и контактных телефонов;
- название и цель мероприятия;
- дата, место, время начала и окончания мероприятия, в том числе время начала и окончания проведения фейерверка;
- предполагаемое число участников мероприятия;
- данные об организации-демонстраторе (исполнителе) фейерверка, привлекаемой для его проведения (название, место регистрации, юридический адрес, другие реквизиты);
- перечень мероприятий по обеспечению охраны общественного порядка и пожарной безопасности при проведении мероприятия;
- перечень технических средств, предназначенных для обеспечения порядка и противопожарного режима;
- дата подачи, подпись организатора (заказчика) или его уполномоченных.

Письменное обращение должно содержать обязательство организатора (заказчика) фейерверка по принятию всех необходимых мер, обеспечивающих порядок и безопасность при проведении фейерверка.

К письменному обращению должны быть приложены:

- копия лицензии (разрешения) демонстратора (исполнителя) на право проведения фейерверков;
- копии удостоверений демонстратора (исполнителя), пиротехников и других участников работ;
- программа проведения фейерверка с перечнем мероприятий по обеспечению требований безопасности; схема (карта) местности с указанием мест расположения пусковой площадки и установки пускового оборудования, укрытий пиротехников, зрительских зон и с обозначением границы опасной зоны;
- копия договора между организатором (заказчиком) фейерверка и демонстратором (исполнителем) с распределением обязанностей и указанием ответственности сторон по обеспечению безопасности проведения фейерверка (предоставляется в случае затребования документа административным органом).

Организатору (заказчику) фейерверка может быть отказано в приеме письменного обращения, если оно не отвечает установленным выше требованиям или демонстратор (исполнитель) не имеет лицензии (разрешения) на право проведения фейерверков.

Выдающий разрешение административный орган письменно подтверждает дату и время получения обращения на его копии.

Административный орган принимает решение после изучения документации, предоставленной организатором (заказчиком) фейерверка, и обследования места проведения фейерверка представителями этого органа, а также органов УВД (ОВД) и ГПС МЧС. При этом проверяющие согласовывают программу фейерверка с перечнем мероприятий по обеспечению безопасности, а также схему (карту) местности с указанием места расположения пусковой площадки и границ опасной зоны.

Решение об отказе проведения фейерверка может быть принято по следующим соображениям:

- письменное обращение не содержит информации о программе мероприятия и перечня мер по обеспечению безопасности людей и сохранности материальных ценностей;
- организатор (заказчик) уклоняется либо отказывается от согласования программы проведения фейерверка с представителями административного органа, органов УВД (ОВД) и ГПС МЧС или от выполнения их требований по обеспечению безопасности;
- имеется решение о запрете публичного мероприятия, принятое в соответствии с действующим законодательством, либо организатор (заказчик) планирует проведение мероприятия с нарушением установленного порядка;

- планируемое организатором (заказчиком) мероприятие не учитывает требования по ограничениям в выборе места и времени проведения фейерверка;
- при проведении фейерверка не может быть обеспечена пожарная безопасность зданий, строений и сооружений.

Решение об отказе на обращение о проведении фейерверка организатором (заказчиком) может быть обжаловано в суде в установленном порядке.

Проведение фейерверков при отсутствии должным образом оформленного разрешения не допускается.

2.4. Меры безопасности при проведении фейерверков

Фейерверки с применением ПИ I–III классов опасности должны проводиться в соответствии с требованиями, изложенными в [10, 11], а также инструкцией на ПИ и другими действующими нормативными документами.

Фейерверки с применением фейерверочных изделий IV и V классов опасности должны устраиваться на основании договора между организатором (заказчиком) фейерверка и организацией-демонстратором (исполнителем) в строгом соответствии с полученным в административных органах и согласованным в УВД (ОВД) и ГПС МЧС письменным разрешением.

В договоре на проведение фейерверка должны содержаться указания об ответственности сторон по обеспечению безопасности. К договору должна быть приложена схема (карта) местности с указанием места расположения пусковой площадки и с обозначением границы опасной зоны, согласованная с местными административными органами, органами УВД (ОВД) и ГПС МЧС.

При проведении фейерверков допускается использовать только исправное и аттестованное пусковое оборудование и ПИ, имеющие сертификаты, выданные в установленном порядке.

Работы по подготовке и проведению пусков должны выполнять не менее двух аттестованных на право проведения фейерверков пиротехников при непосредственном руководстве демонстратора (исполнителя), аттестованного на право руководства проведением фейерверков.

Транспортирование пиротехнических изделий и продукции осуществляется в соответствии с требованиями, изложенными в [10, 11], а также инструкцией на ПИ и другими действующими нормативными документами.

Не допускается присутствие на пусковой площадке посторонних лиц. Зрители должны находиться за пределами охраняемой опасной зоны. По грани-

цам опасной зоны должны быть установлены ограждение и соответствующие предупредительные знаки.

На пусковой площадке запрещается курить, разводить огонь, оставлять ПИ без охраны.

Пусковая площадка должна быть обеспечена первичными средствами пожаротушения. В случае необходимости по договоренности с местными органами ГПС МЧС на период показа может быть установлен пожарный пост и (или) расчет с пожарным автомобилем.

После окончания запуска фейерверка демонстратор (исполнитель) обязан осмотреть пусковую площадку в целях выявления и сбора несработавших ПИ и их элементов. Уничтожение непригодных и несработавших изделий производится в установленном порядке.

После окончания запуска фейерверка составляется акт о его проведении, который подписывает организация-демонстратор (исполнитель) и организатор фейерверка (заказчик), а при необходимости и представители УВД (ОВД) и ГПС МЧС.

2.5. Применение ПИ на концертах и в культурно-зрелищных представлениях, проводимых в помещениях

При проведении праздничных и торжественных мероприятий, концертов, цирковых представлений на закрытых площадках (залах, аренах, сценах) при согласовании с местными органами ГПС могут быть использованы театральные (специальные) фейерверочные ПИ, для обращения с которыми требуются специальные знания, соответствующее оборудование и приспособления.

Применение ПИ I–III классов опасности в помещениях, зданиях и сооружениях любого функционального назначения должно осуществляться в соответствии с постановлением № 1052 [11], инструкцией на ПИ и другими действующими нормативными документами запрещено.

Согласно ст. 52 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [24] объект защиты (театр, манеж, концертный зал и т. п.) должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности, включающую комплекс мер по предупреждению пожара, противопожарной защите, а также мер организационно-технического характера.

В соответствии со ст. 63 [24] меры по обеспечению пожарной безопасности зданий и сооружений театров, цирков, концертных залов должны включать:

- реализацию полномочий органов местного самоуправления по решению вопросов организационно-правового, финансового, материально-технического обеспечения пожарной безопасности муниципального образования;
- разработку и реализацию мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объектов му-

ниципальной собственности, которые должны предусматриваться в планах и программах развития территории; обеспечению надлежащего состояния источников противопожарного водоснабжения; содержанию в исправном состоянии средств обеспечения пожарной безопасности этих объектов;

- разработку и реализацию муниципальных целевых программ по вопросам обеспечения пожарной безопасности объектов;
- разработку плана по привлечению сил и средств к тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ на территории муниципального образования и по контролю за его выполнением;
- установление особого противопожарного режима на период подготовки и проведения мероприятий, а также дополнительных требований пожарной безопасности на этот период;
- обеспечение беспрепятственного проезда пожарной техники к месту пожара;
- обеспечение связи и оповещения населения о пожаре;
- организацию обучения контингента объекта и пропаганды в области пожарной безопасности среди посетителей мероприятий, содействие распространению пожарно-технических знаний;
- социальное и экономическое стимулирование участия контингента объекта в добровольной пожарной охране, в том числе в борьбе с пожарами.

В соответствии со ст. 52 [24] защита людей и имущества в самом здании (сооружении), в котором проводятся мероприятия с применением ПИ, от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий их воздействия обеспечиваются следующими способами:

- применением объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара за пределы очага;
- устройством эвакуационных путей, удовлетворяющих требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре;
- устройством систем обнаружения пожара (установок и систем пожарной сигнализации), оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- применением систем коллективной защиты (в том числе противодымной) и средств индивидуальной защиты людей от воздействия ОФП;
- использованием основных строительных конструкций с пределами огнестойкости и материалов с показателями пожарной опасности, соответствующими требуемой степени огнестойкости

зданий, сооружений, строений и классу конструктивной пожарной опасности;

- применением огнезащитных составов (в том числе антипиренов и огнезащитных красок) и строительных материалов (облицовок) для повышения пределов огнестойкости строительных конструкций;
- снабжением оборудования противопожарными и противовзрывными системами защиты;
- устройством систем наружного и внутреннего пожаротушения, организацией успешной работы подразделений пожарной охраны.
- применением автоматических установок и первичных средств пожаротушения.

Номенклатура, количество и места размещения первичных средств пожаротушения в соответствии со ст. 60 [24] и Правилами противопожарного режима [21] устанавливаются в зависимости от вида горючего материала, объемно-планировочных решений здания, сооружения или строения, параметров окружающей среды и мест размещения обслуживающего персонала. При этом системы противопожарной защиты здания, сооружения (в том числе система обнаружения пожара, пути эвакуации и система противодымной защиты) должны обеспечивать возможность безопасной эвакуации обслуживающего персонала, в том числе участвующего в тушении пожара с использованием первичных средств пожаротушения, в безопасную зону.

Применение, хранение и транспортирование ПИ для создания сценических эффектов должны обуславливаться выполнением ряда требований.

Требования к условиям применения пиротехнических изделий:

- применение ПИ разрешается только в технических целях в рамках утвержденной в установленном порядке программы сценических мероприятий;
- допускаются к применению ПИ только в транспортной упаковке (таре) установленного образца;
- к ПИ должна прилагаться документация, содержащая следующие сведения:
 - наименование изделия;
 - класс опасности;
 - условия применения;
 - ограничения при обращении;
 - способы безопасной подготовки к работе, пуска и утилизации;
 - гарантийный срок и дату изготовления (или срок годности);
 - предупреждение об опасности изделия;
 - действия в случае отказа и возникновения нештатной ситуации;
 - действия в случае пожара, применяемые средства и способы тушения пожара;
 - реквизиты изготовителя.

Требования к местам хранения ПИ:

- хранение ПИ должно осуществляться с соблюдением требований инструкций (руководства) по эксплуатации изделий в специально отведенных охраняемых помещениях, выгороженных противопожарными перегородками 1-го типа и дверями 2-го типа;
- запрещается совместное хранение ПИ с другими горючими веществами и материалами;
- отбракованные ПИ должны храниться отдельно от годных. Временное хранение пришедших в негодность бракованных изделий допускается только в металлическом сейфе в выделенном специально для этих целей месте и при наличии предупредительной информации;
- количество хранящихся ПИ, размещаемых в специально отведенных помещениях, выгороженных перегородками 1-го типа и дверями 2-го типа, не должно превышать 1200 кг по массе брутто.

Требования к транспортированию ПИ:

- транспортирование ПИ должно осуществляться в соответствии со специальными требованиями по обеспечению безопасности при перевозке опасных грузов 1-го класса опасности;
- запрещается перевозить ПИ на транспорте, не приспособленном для перевозки опасных грузов 1-го класса опасности и имеющем неисправности;
- инструмент и детали, применяемые в процессе перевозки и для крепления груза, должны быть из материалов, не образующих искр.

Требования к погрузочно-разгрузочным работам

При погрузочно-разгрузочных работах запрещается:

- превышать предельно допустимую для поднятия и переноса массу ПИ;
- волочить, кантовать и переносить на плечах или на спине груз с ПИ;
- выполнять работы в гололед (снегопад) без посыпки песком или шлаком места погрузки, а также мостков, трапов и ступеней во избежание скольжения;
- нарушать требования маркировочных и предупреждающих знаков, нанесенных на груз.

Места погрузки и разгрузки упаковок с изделиями должны быть оборудованы:

- средствами пожаротушения и ликвидации аварийных ситуаций (не менее двух порошковых огнетушителей ОП-5 типа ВСЕ(D));
- стационарным или временным освещением, соответствующим классу зоны по ПУЭ.

При погрузочно-разгрузочных работах должен быть установлен порядок, при котором должно быть исключено падение грузов, столкновение рабочих друг с другом или с грузом. Используемые погрузочно-разгрузочные механизмы должны быть в ис-

правном состоянии и удовлетворять требованиям пожарной безопасности.

В местах погрузочно-разгрузочных работ с ПИ запрещается курить и пользоваться открытым огнем.

Не разрешается производить погрузочно-разгрузочные работы с ПИ при включенных двигателях автомобилей. Водители и машинисты в период ожидания погрузки и проведения погрузочно-разгрузочных работ не должны оставлять транспортные средства без присмотра.

При выполнении погрузочно-разгрузочных работ рабочие должны соблюдать требования маркировочных и предупреждающих знаков.

При повреждении упаковки (тары) с ПИ ответственное лицо принимает решение в отношении переупаковки, утилизации упаковки (тары) и изделий в ней.

По окончании разгрузки транспортных средств необходимо тщательно их осмотреть и удалить остатки упаковки (тары) и мусор.

Требования к зоне подготовки пиротехнических эффектов

Для подготовки пиротехнических эффектов перед концертом (представлением) используется помещение (выгороженная зона) площадью не менее 40 м². В помещении (зоне) осуществляются монтажные, демонтажные работы до, после и во время концерта.

Помещение (зона) должно быть оснащено четырьмя огнетушителями углекислотными ОУ-5 и четырьмя огнетушителями порошковыми ОП-5 типа ВСЕ(D).

К проведению работ допускаются обученные и аттестованные лица.

Требования к зданию и зрительному залу, в которых проводится концерт (представление)

Здание, в котором проводится концерт (представление), должно иметь II степень огнестойкости и класс СО по конструктивной пожарной опасности.

Здание должно быть оборудовано системами оповещения и управления эвакуацией при пожаре (СОУЭ) 4-го типа.

Концертный (зрительный) зал должен быть оборудован автоматической установкой пожаротушения в соответствии с требованиями СП 5.13130.2009 [25] и первичными средствами пожаротушения в соответствии с Правилами противопожарного режима [21].

Эвакуационные пути должны быть выполнены в соответствии с требованиями ст. 89 [24], а также разд. 6 СП 1.13130.2009 [26].

При проведении концертов (представлений) между сценой и зрительным залом (манежем) должен быть установлен барьер безопасности на расстоянии, предотвращающем опасное воздействие сгорающих пиротехнических изделий на зрителей.

АУП, автоматическая установка пожарной сигнализации (АУПС), СОУЭ на период проведения концерта (представления) и после него в течение 1 ч должны быть переведены в ручной режим.

Требования к обеспечению пожарной безопасности в период проведения концерта

Для ликвидации загораний и пожаров в объеме подсценического пространства (если таковой имеется) должно быть предусмотрено наличие не менее двух возимых углекислотных огнетушителей вместимостью 80 л (ОУ-80) каждый.

За сценой (манежем) при необходимости должен находиться пожарный автомобиль с боевым расчетом на случай пожара при угрозе гибели людей и больших материальных потерь.

Расстояние от мест размещения ПИ до колосников, расположенных в зоне перекрытия, должно быть таким, чтобы верхний срез пламени (искр) не доходил до колосников не менее чем на 12 м.

Организационно-технические мероприятия в период подготовки, проведения концерта (представления) и после его завершения

В помещении (зоне) подготовки, монтажа (демонтажа) изделий должен быть пожарный пост из двух пожарных. В помещении должны находиться следующие документы: монтажные и технические схемы изделий и сборок; нормы (количество) пиротехнических изделий и продукции; искробезопасные инструмент и приборы; инструкции о мерах пожарной безопасности; тетрадь сдачи и приемки помещения (зоны) подготовки (монтажа, демонтажа) в начале и по окончании работ.

Перед концертом (представлением) должен проводиться противопожарный инструктаж персонала объекта, концертной группы и пожарных с конкретизацией функциональных обязанностей каждого и с росписью в журнале.

В зале на время представления должны быть выставлены пожарные посты, которые при необходимости обеспечивают применение автомобиля пожаротушения, внутреннего водопровода и первичных средств. Количество противопожарных постов, места их расположения, паспорт противопожарного наряда согласовываются с территориальным органом МЧС России.

Необходимо исключить допуск в зал зрителей с видимыми признаками алкогольного и наркотического опьянения.

В функциональные обязанности персонала зала (манежа) входит:

- разработка инструкций по обеспечению требований пожарной безопасности для каждого сотрудника персонала, а также плана тушения пожара (совместно с территориальными органами пожарной охраны);

- обеспечение охраны при доставке ПИ и опасного оборудования в помещение (зону) подготовки и монтажа изделий и в сценическую часть зала;
- переключение АУП, СПС и СОУЭ в ручной режим в соответствии с алгоритмом концертной программы;
- обеспечение охраны опасных материалов на весь период концерта (представления);
- обеспечение безопасной эвакуации людей по проходам, через дверные проемы и вплоть до выхода на прилегающую территорию;
- обеспечение режима пропуска в зал зрителей без признаков алкогольного и наркотического опьянения;
- обеспечение безопасных расстояний от линии ближайших рядов зрителей до мест размещения (работы) ПИ;
- взаимодействие с руководителем тушения пожара;
- соблюдение противопожарного режима на объекте.

В функциональные обязанности персонала пожарной охраны входит:

- тушение очагов загорания и пожаров;
- взаимодействие с персоналом объекта при возникновении нештатных ситуаций.

2.6. Инструкция (общие положения) о мерах пожарной безопасности при работе с пиротехническими изделиями

Работы с ПИ в процессе их обращения (хранения, транспортирования, реализации, утилизации) являются пожаровзрывоопасными и должны выполняться в соответствии с инструкциями по пожарной безопасности на каждый вид работы и на каждое рабочее место. По каждому виду работ при этом назначается ответственное лицо.

Место проведения работ должно быть очищено от посторонних и горючих предметов и материалов; работы должны производиться с соблюдением зон безопасности на данный вид ПИ.

При проведении работ с ПИ следует строго соблюдать установленные нормативами количества изделий (упаковок, тары).

К проведению работ с ПИ могут привлекаться обученные и аттестованные специалисты, имеющие удостоверение (лицензию) на право проведения соответствующих видов работ, прошедших инструктаж по технике безопасности и пожарной безопасности, знающих устройство, назначение и условия безопасной эксплуатации изделий, а также правила пользования первичными средствами пожаротушения и порядок действий во время пожара. Нахождение посторонних лиц на месте проведения работ не допускается.

Отработанные или пришедшие в негодность изделия собирают в металлические ящики и утилизируют в соответствии с установленным порядком.

На месте проведения работ с ПИ запрещается курить, а также производить огневые работы без специального разрешения.

При работах с ПИ необходимо иметь аптечку, кошму или ящик с песком и лопатой либо два огнетушителя ОП-5 типа ВСЕ(D). В качестве индивидуальных средств защиты каждому работнику необходимо иметь перчатки, затемненные очки, противогаз.

Работы с ПИ должны выполняться с использованием инструмента из цветного металла.

Закключение

Предложены нормы и правила по обеспечению пожарной безопасности при обращении пиротехнической продукции (реализация, хранение, погрузочно-разгрузочные работы, транспортирование,

утилизация). Розничная торговля ПИ бытового назначения производится в магазинах, отделах и секциях магазинов, павильонах и киосках. Безопасность хранения пиротехнической продукции обеспечивается выполнением требований эксплуатационной документации по упаковке, нормам загрузки, длительности хранения (температура, влажность), совместимости продукции при хранении. Перевозка ПИ осуществляется только при условии, что она упакована, маркирована, имеет манипуляционные знаки, необходимые товаросопроводительные документы и при перевозке будут сохранены ее потребительские свойства и обеспечено соответствие требованиям эксплуатационной документации.

Определены правила пожарной безопасности при демонстрациях (показах) фейерверочных представлений на открытых площадках и в помещениях. При демонстрации развлекательных эффектов должно быть исключено применение бытовых пиротехнических изделий I–III классов опасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вогман Л. П., Сотников О. В.* Нормирование пожарной опасности фейерверочных пиротехнических изделий // *Пожаровзрывобезопасность*. — 1998. — Т. 7, № 2. — С. 3–11.
2. *Вогман Л. П., Лепесий В. В.* Требования пожарной безопасности к пиротехническим изделиям бытового назначения // *Пожарная безопасность*. — 1998. — № 3. — С. 51–57.
3. *Вогман Л. П., Зуиков В. А., Татаров В. Е., Лепесий В. В.* Разработка рекомендаций по обеспечению пожарной безопасности фейерверочных пиротехнических изделий // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2002. — Т. 11, № 3. — С. 24–41.
4. *Вогман Л. П. и др.* Требования пожарной безопасности при обращении пиротехнической продукции. Обзорная информация. — М.: ВНИИПО, 2011. — 95 с.
5. *Пиротехника: мифы и реальность* / Под ред. Н. М. Вареных. — Сергиев Посад: Изд-во “Русская пиротехника”, 2009. — 43 с.
6. *Демидов А. Н., Лихачев В. А., Фрейман А. А.* Краткий курс пиротехники. — Т. VIII. — Сергиев Посад: Изд-во “Русская пиротехника”, 2008. — 304 с.
7. *СТО 4.3.1–2003. Изделия пиротехнические. Правила безопасности при обращении с пиротехнической продукцией.* — Введ. 01.01.2004. — Сергиев Посад: Асс. “Рapid-фейерверк”, 2003. — 15 с.
8. *СТО 4.3.2–2003. Изделия пиротехнические. Порядок и правила организации и проведения фейерверков.* — Введ. 01.01.2004. — Сергиев Посад: Асс. “Рapid-фейерверк”, 2003. — 15 с.
9. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности “Правила безопасности при взрывных работах”: приказ Ростехнадзора от 16.12.2013 № 605. URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=161521;fld=134;dst=1000000001,0;rnd=0.33040531786979865> (дата обращения: 05.06.2015).
10. Технический регламент о безопасности пиротехнических составов и содержащих их изделий: утв. постановлением Правительства РФ от 24.12.2009 № 1082. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/97019> (дата обращения: 05.06.2015).
11. Требования пожарной безопасности при распространении и использовании пиротехнических изделий: утв. постановлением Правительства РФ от 22.12.2009 № 1052. URL: <http://base.garant.ru/196976> (дата обращения: 05.06.2015).
12. *ГОСТ Р 51270–99. Изделия пиротехнические. Общие требования безопасности.* — Введ. 01.01.2000. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51270-99> (дата обращения: 05.06.2015).
13. *ГОСТ 19433–88. Грузы опасные. Классификация и маркировка.* — Введ. 01.01.1990. URL: <http://base.garant.ru/5369673> (дата обращения: 01.06.2015).
14. *Будников М. А. и др.* Взрывчатые вещества и пороха. — М.: Гос. изд-во оборон. пром-ти, 1955. — 363 с.

15. Горст А. Г. Пороха и взрывчатые вещества. — М. : Машиностроение, 1972. — 207 с.
16. Кармолин А. П., Чернигов В. Д., Корицунов Ю. Н. Безопасная перевозка взрывчатых веществ железнодорожным транспортом. — М. : Транспорт, 1992. — 383 с.
17. Bundesgesetzblatt. — Jahrgang, 1989. — Teil I. — S. 1597–1652.
18. Sprengstoffe. Pirotechnische Gegenstände / Feuerwerk. G.1.2.1976–87.
19. NFPA 1124. Code for the Manufacture, Transportation, Storage, and Retail Sales of Fireworks and Pyrotechnic Articles. Edition 2013. URL: <http://www.nfpa.org/aboutthecodes/?mode=code&code=1124> (дата обращения: 01.06.2015).
20. NFPA 1126. Standard for the Use of Pyrotechnics before a Proximate Audience. Edition 2011. URL: <http://www.techstreet.com/products/1724006> (дата обращения: 01.06.2015).
21. Правила противопожарного режима в Российской Федерации : утв. постановлением Правительства РФ от 25.04.2012 № 390; введ. 01.09.2012 // Собр. законодательства РФ. — 07.05.2012. — № 19, ст. 2415.
22. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности : приказ МЧС России от 25.03.2009 № 182; введ. 01.05.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. URL: <http://base.garant.ru/5369673/> (дата обращения: 01.06.2015).
23. ГОСТ 12.1.004–91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. — Введ. 01.07.1992. — М. : Изд-во стандартов, 1991; Стандартиформ, 2006. URL: <http://base.garant.ru/5369673/> (дата обращения: 01.06.2015).
24. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (в ред. Федер. закона от 10.07.2012 № 117-ФЗ) : Федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008; одобрен Сов. Федерации 11.07.2008 // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579. URL: <http://base.garant.ru/5369673/> (дата обращения: 01.06.2015).
25. СП 5.13130.2012. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования : приказ МЧС России от 25.03.2009 № 175; введ. 01.05.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. URL: <http://base.garant.ru/5369673/> (дата обращения: 01.06.2015).
26. СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы (с изм.: приказ МЧС РФ от 09.12.2010 № 639) : приказ МЧС РФ от 25.03.2009 № 171; введ. 01.05.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. URL: <http://base.garant.ru/5369673/> (дата обращения: 01.06.2015).

Материал поступил в редакцию 10 июня 2015 г.

Для цитирования: *Вогман Л. П., Зуйков В. А.* Нормы и правила по обеспечению пожарной безопасности при обращении пиротехнической продукции. Часть II. Пожарная безопасность при реализации, хранении, утилизации, транспортировании пиротехнических изделий и проведении фейерверков на открытом воздухе и в помещениях // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2015. — Т. 24, № 9. — С. 5–24. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.5-24.

English

RULES AND REGULATIONS TO ENSURE FIRE SAFETY WHEN HANDLING PYROTECHNICS.

Part II. Fire safety in the implementation, storage, recycling, transportation of fireworks and firework displays outdoors and indoors

VOGMAN L. P., Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of All-Russian Research Institute of Fire Protection of Emercom of Russia (VNIIPPO, 12, Balashikha, Moscow region, 143903, Russian Federation; e-mail address: vniipo-3-5-3@ya.ru)

ZUYKOV V. A., Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of All-Russian Research Institute of Fire Protection of Emercom of Russia (VNIIPPO, 12, Balashikha, Moscow region, 143903, Russian Federation)

ABSTRACT

According to the statistics of fires and explosions the greatest number of accidents associated with the handling of pyrotechnic products (PP) is taken place in the production process, and also in the implementation, storage and transportation of fireworks. The article analyzes the fire safety requirements for ensuring fire safety of pyrotechnic products in the process of conversion (implementation, storage, handling, transportation, disposal). Retail PP domestic purposes is performed in the stores, departments and sections of shops, pavilions and kiosks, providing product safety, precluding the ingress of direct sunlight and precipitation. Security storage of pyrotechnic products is provided by the requirements of operational documentation on the package, the norms of loading, duration of storage (temperature, humidity), compatibility of products during storage. Pyrotechnic products may be transported only under the condition that it is packaged, labeled, has signs of manipulation, the necessary shipping documents and transportation will be stored by its consumer properties and ensured compliance with operational documentation.

The analysis of requirements of fire safety demonstrations (shows) of the fireworks views on the open areas and in rooms. The analysis provides information about the order of the shows both outdoors and indoors. Emphasizes the necessity of observance of requirements of fire safety in premises: during the demonstration entertaining effect should be excluded the application of household pyrotechnic articles of I–III hazard classes.

The holding of fireworks may be made by the organization-demonstration (the contractor) having a license or a permit and duly registered as a legal entity, the Charter of which provides for this type of activity.

Keywords: fire safety; requirements; implementation; storage; transportation; disposal; fireworks; outdoor playground; indoor.

REFERENCES

1. Vogman L. P., Sotnikov O. V. Normirovaniye pozharnoy opasnosti feyerverochnykh pirotekhnicheskikh izdeliy [Standards on fire safety of fireworks]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 1998, vol. 7, no. 2, pp. 3–11.
2. Vogman L. P., Lepesiy V. V. Trebovaniya pozharnoy bezopasnosti k pirotekhnicheskim izdeliyam bytovogo naznacheniya [Fire safety requirements for pyrotechnic products, household products]. *Pozhar-naya bezopasnost — Fire Safety*, 1998, no. 3, pp. 51–57.
3. Vogman L. P., Zuykov V. A., Tatarov V. E., Lepesiy V. V. Razrabotka rekomendatsiy po obespecheniyu pozharnoy bezopasnosti feyerverochnykh pirotekhnicheskikh izdeliy [Development of recommendations for fire safety of fireworks pyrotechnic products]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2002, vol. 11, no. 3, pp. 24–41.
4. Vogman L. P. et al. *Trebovaniya pozharnoy bezopasnosti pri obrashchenii pirotekhnicheskoy produktsii. Obzornaya informatsiya* [Fire safety requirements when handling pyrotechnics. Overview]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 2011. 95 p.
5. Varenikh N. M. (ed.). *Pirotekhnika: mify i realnost* [Pyrotechnics: myths and reality]. Sergiev Posad, Publishing House “Russian Fireworks”, 2009. 43 p.
6. Demidov A. N., Likhachev V. A., Freiman A. A. *Kratkiy kurs pirotekhniki* [A short course in pyrotechnics]. Vol. VIII. Sergiev Posad, Publishing House “Russian Fireworks”, 2008. 304 p.
7. *Standard of the organization 4.3.1–2003. Articles pyrotechnic. Safety rules when handling pyrotechnic products*. Sergiev Posad, Ass. “Rapid-Fireworks” Publ., 2003. 15 p. (in Russian).
8. *Standard of the organization 4.3.2–2003. Articles pyrotechnic. The procedure and rules of organization and holding of fireworks*. Sergiev Posad, Ass. “Rapid-Fireworks” Publ., 2003. 15 p. (in Russian).
9. *Federal Norms and Rules in the Field of Industrial Safety “Safety Regulations for Blasting”*. Order of Rostekhnadzor on 16.12.2013 No. 605. Available at: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=161521;fld=134;dst=1000000001,0;rnd=0.33040531786979865> (Accessed 5 June 2015) (in Russian).
10. *Technical regulation on safety of pyrotechnic compositions and products containing them. Resolution of the Government of the Russian Federation on 24.12.2009 No. 1082*. Available at: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/97019> (Accessed 5 June 2015) (in Russian).
11. *Fire safety requirements the sale and use of fireworks. Resolution of the Government of the Russian Federation on 22.12.2009 No. 1052*. Available at: <http://base.garant.ru/196976> (Accessed 5 June 2015) (in Russian).

12. *State standard of the Russian Federation 51270–99. Pyrotechnic goods. General safety requirements.* Available at: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51270-99> (Accessed 5 June 2015) (in Russian).
13. *Interstate standard 19433–88. Dangerous goods. Classification and marking.* Available at: <http://base.garant.ru/5369673> (Accessed 1 June 2015) (in Russian).
14. Budnikov M. A. et al. *Vzryvchatyye veshchestva i porokha* [Explosives and gunpowder]. Moscow, State Publishing House of the Defensive Industry, 1955. 363 p.
15. Gorst A. G. *Porokha i vzryvchatyye veshchestva* [Gunpowder and explosives]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 1972. 207 p.
16. Carmolin A. P., Chernigov D. V., Korshunov Yu. N. *Bezopasnaya perevozka vzryvchatykh veshchestv zheleznodorozhnym transportom* [Safe transportation of explosives by rail]. Moscow, Transport Publ., 1992. 383 p.
17. *Bundesgesetzblatt. Jahrgang, 1989, teil I, ss. 1597–1652.*
18. *Sprengstoffe. Pirotechnische Gegenstände / Feuerwerk. G.1.2.1976–87.*
19. NFPA 1124. Code for the Manufacture, Transportation, Storage, and Retail Sales of Fireworks and Pyrotechnic Articles. Edition 2013. Available at: <http://www.nfpa.org/aboutthecodes/?mode=code&code=1124> (Accessed 1 June 2015).
20. NFPA 1126. Standard for the Use of Pyrotechnics before a Proximate Audience. Edition 2011. Available at: <http://www.techstreet.com/products/1724006> (Accessed 1 June 2015).
21. Rules of fire-prevention regime in the Russian Federation. *Rossiyskaya gazeta — Russian Newspaper*, 2012, no. 93 (in Russian).
22. Set of rules 12.13130.2009. Determination of categories of rooms, buildings and outdoor facilities for vzryvopozharnoy and fire hazard. Order of Emercom of Russia on 25.03.2009. Moscow, All-Russian Research Institute for fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009. Available at: <http://base.garant.ru/5369673> (Accessed 1 June 2015) (in Russian).
23. *Interstate standard 12.1.004–91*. Occupational safety standards system. Fire safety. General requirements.* Moscow, Izdatelstvo standartov, 1991; Standartinform Publ., 2006. Available at: <http://base.garant.ru/5369673> (Accessed 1 June 2015) (in Russian).
24. Technical regulations for fire safety requirements. Federal Law on 22.07.2008 No. 123. *Sobraniye zakonodatelstva — Collection of Laws of the Russian Federation*, 2008, no. 30 (part I), art. 3579. Available at: <http://base.garant.ru/5369673/> (Accessed 1 June 2015) (in Russian).
25. *Set of rules 5.13130.2012. Fire protection system. Installation of fire alarm and fire extinguishing. Standards and design rules.* Available at: <http://base.garant.ru/5369673> (Accessed 1 June 2015) (in Russian).
26. *Set of rules 2.13130.2009. Systems of fire protection. Evacuation routes and exits.* Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009. Available at: <http://base.garant.ru/5369673> (Accessed 1 June 2015) (in Russian).

For citation: Vogman L. P., Zuykov V. A. Normy i pravila po obespecheniyu pozharnoy bezopasnosti pri obrashchenii pirotekhnicheskoy produktsii. Chast II. Pozharnaya bezopasnost pri realizatsii, khraneni, utilizatsii, transportirovani pirotekhnicheskikh izdeliy i provedenii feyerverkov na otkrytom vozdukh i v pomeshcheniyakh [Rules and regulations to ensure fire safety when handling pyrotechnics. Part II. Fire safety in the implementation, storage, recycling, transportation of fireworks and firework displays outdoors and indoors]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 9, pp. 5–24. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.5-24.

М. А. ДМИТРИЕНКО, магистрант кафедры автоматизации тепло-энергетических процессов, Энергетический институт, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Россия, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 30; e-mail: mad2@tpu.ru)

А. О. ЖДАНОВА, аспирант кафедры автоматизации теплоэнергетических процессов, Энергетический институт, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Россия, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 30; e-mail: zhdanovaao@tpu.ru)

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

УДК 536.4

ОСОБЕННОСТИ ИСПАРЕНИЯ КАПЕЛЬ ВОДЫ В ПЛАМЕНАХ ТИПИЧНЫХ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

С целью разработки теоретических основ технологии тушения пожаров с участием типичных горючих жидкостей и нефтепродуктов парокапельными водяными облаками исследованы процессы испарения капель воды при их движении через продукты сгорания бензина, керосина и технического спирта. Определены интегральные характеристики испарения капель воды с использованием высокоскоростной (до 10^5 кадров в секунду) видеорегистрации, панорамных кросскорреляционных комплексов (на основе PIV- и SP-методов) и специализированного программного обеспечения (Tema Automotive) для непрерывного слежения за каплями. Установлено определяющее влияние размеров генерируемых капель и начальных скоростей их движения на интенсивность прогрева и испарения капель в потоке высокотемпературных продуктов сгорания бензина, керосина и технического спирта. На основании сравнения результатов проведенных экспериментов и известной модели тепломассопереноса установлены аппроксимационные выражения для прогнозирования скоростей испарения капель воды в высокотемпературных продуктах сгорания.

Ключевые слова: высокотемпературные продукты сгорания; горючие жидкости; нефтепродукты; капли воды; испарение.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.25-31

Введение

Пожары на объектах добычи, переработки и транспортирования нефти, производства нефтепродуктов и горючих жидкостей являются чрезвычайно опасными по целому ряду факторов. Основными из них принято считать [1–3]: высокие скорости распространения пламени, большие температуры, мощное тепловое излучение, значительные концентрации продуктов сгорания, турбулентное перемешивание их с окислителем за счет притока его с периферии, сопутствующие факторы (взрывы, значительные экономические последствия). Традиционно для тушения таких пожаров применяют довольно сложные по компонентному составу и дорогостоящие пенообразующие вещества [1–3]. Основной акцент при этом делается на предотвращении доступа окислителя в зону горения [1–3]. Исходя из анализа расхода тушащих средств и времени подавления горения, специалисты нередко приходят к заключению о довольно невысокой эффективности известных применяемых технологий тушения [1–3].

В последние 5–7 лет во многих развитых странах мира (в частности, в Великобритании, Германии, США, России, Китае) проводятся исследования по созданию технологий локализации и тушения различных типов пожаров с применением парокапельных водяных потоков [4–8], как наиболее ресурсоэффективных и экономически выгодных. К таким системам [4–8] можно отнести, например, водяной туман, водяную завесу, тонкораспыленную воду. Все эти технологии в настоящее время внедряются на промышленных и административных объектах. Однако для технологических объектов, на которых обрабатываются нефть, нефтепродукты и различные горючие жидкости, такие технологии пожаротушения не разработаны. Известны лишь результаты применения водяных струй для тушения пожаров на объектах такого типа [1–3]. Эту ситуацию можно объяснить сложностью взаимосвязанных процессов тепломассопереноса и фазовых превращений при движении капельных потоков воды через пламя при пожарах нефти, нефтепродуктов и типичных горючих жид-

костей. В связи с этим целесообразно проведение экспериментальных исследований с целью создания физических и математических моделей, позволяющих прогнозировать характеристики испарения капель воды и снижения концентрации продуктов сгорания и окислителя в зоне горения. Основные трудности экспериментальных исследований заключаются в определении положения границы раздела фаз *капля жидкости – высокотемпературная газовая среда* при движении водяных капель через высокотемпературные продукты сгорания. Получившие широкое применение в последние годы оптические методы (Particle Image Velocimetry (PIV), Shadow Photography (SP) и др.) и высокоскоростные средства видеорегистрации позволяют решать поставленные в исследованиях задачи. Например, в работах [9–11] приведены результаты исследований процессов испарения одиночных капель и их групп в пламени керосина (с контролируемой температурой и скоростью движения продуктов сгорания). Для распространения этих результатов исследований на типичные горючие жидкости и нефтепродукты целесообразно проведение исследований для нескольких, наиболее широко известных, отличающихся температурами возгорания и пламени жидкостей, например бензина, керосина и технического спирта. В экспериментах [9–11] показано, что капли с начальными размерами (диаметрами) менее 0,5 мм существенно тормозятся продуктами сгорания и даже уносятся ими из пламени. Поэтому для решения задач исследований процессов испарения целесообразно начальные размеры капель выбирать более 1 мм (согласно [4–8] такие капли принято считать крупными).

Цель настоящей работы — экспериментальное исследование особенностей испарения одиночных крупных капель воды в высокотемпературных продуктах сгорания типичных горючих жидкостей и нефтепродуктов.

Экспериментальный стенд и методы исследований

При исследовании особенностей испарения капель воды в высокотемпературных продуктах сгорания использовался экспериментальный стенд, внешний вид которого приведен на рис. 1. Стенд обеспечивал видеорегистрацию процесса прохождения одиночными каплями воды расстояния 1 м (протяженность высокотемпературной зоны) от дозатора 12 до уловителя 14. Начальные размеры (радиусы) капель и скорости их вхождения в пламена составили 2–3 мм и 2–4 м/с соответственно.

Стенд (см. рис. 1) включал две высокоскоростные (до $6 \cdot 10^5$ кадров в секунду) видеокамеры 1 и 2 [12, 13], регистрационный комплекс на базе кросс-корреляционных видеокамер 3 и 4, двойного твер-

дотельного импульсного лазера 18, синхронизатора сигналов 17, генератора лазерного излучения 19, специализированной рабочей станции 6.

Внутреннюю полость цилиндра 15 (горелки) заполняли горючей жидкостью, которую затем зажигали. Использовали бензин (марка АИ-92), керосин (марка ТС-1) и технический спирт. Всю внутреннюю полость цилиндрического канала 13 (высотой 1 м, с внутренним диаметром 0,2 м) заполняли высокотемпературной газовой средой (продукты сгорания). Канал выполнен из кварцевого стекла для возможности регистрации траекторий перемещения капель воды в пламени. Для достижения требуемых температур газов в канале 13 выдерживалась временная задержка 200 с (с момента зажигания жидкости в

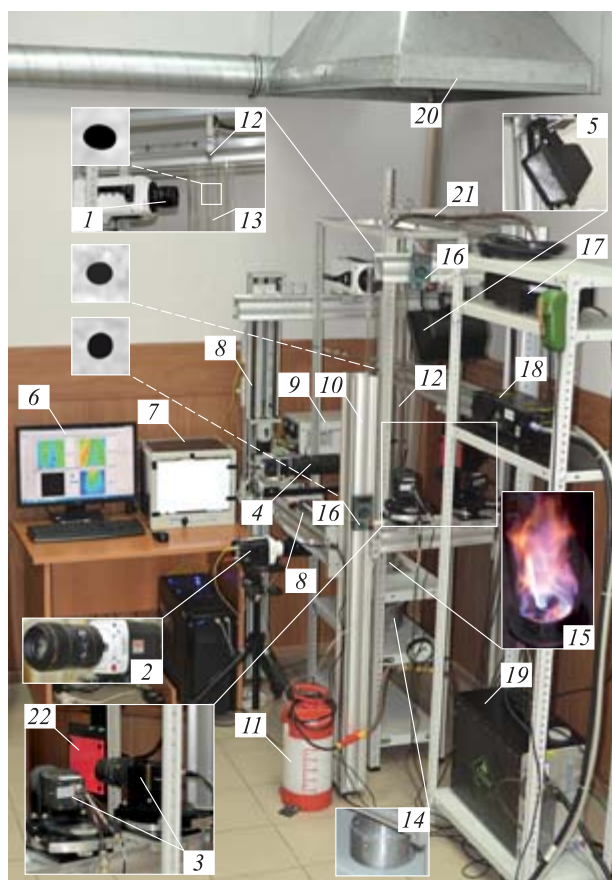


Рис. 1. Внешний вид экспериментального стенда: 1, 2 — высокоскоростные видеокамеры; 3, 4 — кросс-корреляционные видеокамеры; 5 — осветительный прожектор; 6 — рабочая станция; 7 — регистратор многоканальный технологический (PMT); 8 — моторизированное координатное устройство (МКУ); 9 — блок питания МКУ; 10 — алюминиевая стойка; 11 — емкость с водой; 12 — дозирующее устройство последовательной подачи капель; 13 — цилиндр из кварцевого стекла; 14 — уловитель капель; 15 — полый цилиндр с горючей жидкостью; 16 — цифровой мультиметр; 17 — синхронизатор ПК, кросс-корреляционной камеры и лазера; 18 — двойной твердотельный импульсный лазер; 19 — генератор лазерного излучения; 20 — нагнетательная система; 21 — канал подачи воды; 22 — диффузионный экран в комплекте со световодом

горелке 15). Далее вода из емкости 11 подавалась по каналу 21 на вход дозирующего устройства 12, а затем — в канал 13, по которому капли двигались по оси его симметрии сверху вниз. Процесс перемещения капель в высокотемпературной газовой среде регистрировали видеокамерами 1 и 2, а также кросс-корреляционными камерами 3 и 4. Отснятые фото- и видеоизображения передавали на рабочую станцию 6, где выполнялась их обработка с применением оптических методов PIV и SP, а также специализированного программного обеспечения “Tema Automotive”.

В качестве функций цели при обработке экспериментальных данных приняты следующие параметры: радиус R_d (м) и скорость движения U_d (м/с) каплей. Проводилось не менее 10 серий экспериментов при идентичных начальных условиях (радиусы R_d и скорости перемещения U_d капель; температуры T_f (К) и скорости движения U_f (м/с) продуктов сгорания).

Температура продуктов сгорания T_f в используемом канале 13 изменялась в диапазоне от 400 до 1900 К. Измерения проводились тремя вольфрам-рений-вольфрамениевыми термопарами (диапазон измеряемых температур 0–2473 К, допустимое отклонение $\Delta = \pm 0,005 T_f$). Начальная температура вводимых в газовую среду капель воды поддерживалась в пределах 300 К с помощью системы нагревательных камер и регистрировалась хромель-копелевой термопарой в комплекте с мультиметром 16 (диапазон измеряемых температур 233–573 К, допустимое отклонение $\Delta = 2,5$ К).

Скорость движения газов U_f по рассматриваемому цилиндрическому каналу составляла 1,5 м/с. Для контроля параметра U_f использовали панорамный оптический метод PIV. Измерение скоростей данным методом основано на регистрации перемещений трассеров (наночастиц с требуемой отражающей способностью) в плоском сечении потока за фиксированное время (интервал между вспышками лазера 18). Нанопорошок вводили в нижнюю часть канала 13. Частицы многократно освещали световым “ножом” лазера 18, а их образы регистрировали кросс-корреляционной видеокамерой 4 по всей высоте канала 13. Полученные видеополосы обрабатывали специальным программным обеспечением “Actual Flow”. В ходе обработки видеополосы разбивали на элементарные области, для каждой из которых посредством преобразования Фурье находили максимум корреляционной функции, который соответствовал смещению частиц в отдельной элементарной области. Затем при известной временной задержке и масштабном коэффициенте S (найденном на начальном этапе калибровки оптической системы) осуществляли пересчет скорости в метры в секунду.

Скорости перемещения капель воды определяли с использованием высокоскоростной съемки и обработки видеополос программным комплексом “Tema Automotive”. Максимальные систематические погрешности определения скоростей U_d и U_f составили 0,1 м/с.

Для определения размеров капель применяли метод SP, основанный на регистрации теневой фотографии объекта, имеющего коэффициент преломления, отличный от окружающей его среды. Для этого перед кросс-корреляционными камерами 3 и 4 за каплями размещали диффузный источник света с равномерным пространственным распределением интенсивности, достигаемым путем рассеяния лазерного луча с применением специального световода и диффузионного экрана 22. Фотосъемку потока капель осуществляли камерами 3 и 4. Далее отснятые изображения подвергали цифровому анализу, в ходе которого определяли положение, форму и характерный размер капель. Систематические погрешности определения размера R_d не превышали 10^{-5} м, максимальные случайные погрешности — 2,1 %.

Аналогично экспериментам [9–11] в качестве интегрального параметра для определения скорости испарения капель воды в высокотемпературных продуктах сгорания использовали параметр ΔR (%): $\Delta R = (R_d - R_d^*) \cdot 100 / R_d$ (где R_d^* — размер капли после прохождения через высокотемпературные газы, м).

Результаты и их обсуждение

В результате экспериментальных исследований установлено определяющее влияние размеров генерируемых капель на интенсивность их прогрева и испарения в потоке высокотемпературных продуктов сгорания типичных горючих жидкостей и нефтепродуктов (бензина, керосина и технического спирта).

На рис. 2,а приведены типичные зависимости параметра ΔR от размера R_d при начальной скорости движения капель $U_d \approx 2$ м/с. Установлено, что капли с начальным размером 2–3 мм при прохождении расстояния 1 м в высокотемпературном встречном газовом потоке продуктов сгорания бензина уменьшаются в среднем на 15 %, а в пламени керосина и технического спирта — на 7 и 5 % соответственно. Таким образом, при идентичных начальных размерах и скоростях движения капель установлены существенно нелинейные зависимости между долей испарившейся воды ΔR и размером капель. Полученные результаты можно объяснить тем, что с увеличением начального радиуса капель воды возрастает время прогрева их приповерхностного слоя до температуры начала интенсивного парообразования. Это заключение можно отнести к продуктам сгорания всех использованных в экспериментах горючих жидкостей.

На рис. 2,б приведены зависимости типичных значений параметра ΔR от начальной скорости U_d при размере каплей около 2,5 мм. Анализ полученных зависимостей позволяет сделать вывод, что увеличение начальной скорости движения каплей довольно существенно влияет на время перемещения их в потоке высокотемпературных продуктов сгорания. Этим обусловлено умеренное уменьшение параметра ΔR для каплей, имеющих начальную скорость 4 м/с, по сравнению с каплями с начальной скоростью 2 м/с. Эти закономерности хорошо коррелируют с выявленными в экспериментах [14] и при численном моделировании [15] особенностями. В частности, в [14, 15] отмечено, что скорости испарения каплей жидкостей в высокотемпературных газах не лимитируются только диффузионными процессами, а могуткратно изменяться при увеличении времени нагревания каплей, а также при уменьшении их размеров и скорости движения. Полученные в настоящей работе результаты показывают, что выявленные в [14, 15] закономерности прогрева и испарения каплей воды соответствуют различным типичным горючим жидкостям и нефтепродуктам. Если учитывать, что условия горения большой группы нефтей в целом соответствуют рассмотренным жидкостям, то полученные результаты можно распространять на широкий круг нефтей и нефтепродуктов.

В [14, 15] также отмечено, что определяющее влияние на скорость испарения каплей жидкости оказывает температура продуктов сгорания нефтепродуктов. Аналогичное заключение можно сделать и по результатам проведенных в настоящей работе экспериментов. В частности, при прохождении каплями расстояния 1 м через продукты сгорания бензина замечен существенный рост ΔR по сравнению с керосином и техническим спиртом. Эту закономерность можно объяснить соответствующим различием температур продуктов сгорания.

Так, на рис. 3 представлены аппроксимационные кривые распределения температуры продуктов сгорания по всей высоте цилиндрического канала 13. Температура газов (продуктов сгорания) T_f в экспериментах для бензина составила 532–1882 К, керосина — 422–1611 К и технического спирта — 400–1550 К. Измерения проводили относительно основания цилиндрического канала 13 (соответствует горелке 15).

Анализ зависимостей, представленных на рис. 2 и 3, позволяет выявить различия в скоростях прогрева каплей в высокотемпературных продуктах сгорания использованных в исследованиях горючих жидкостей. Важно отметить, что отклонения характерных параметров ΔR на рис. 2 соответствуют разнице температур продуктов сгорания на рис. 3. При этом следует отметить удовлетворительную корре-

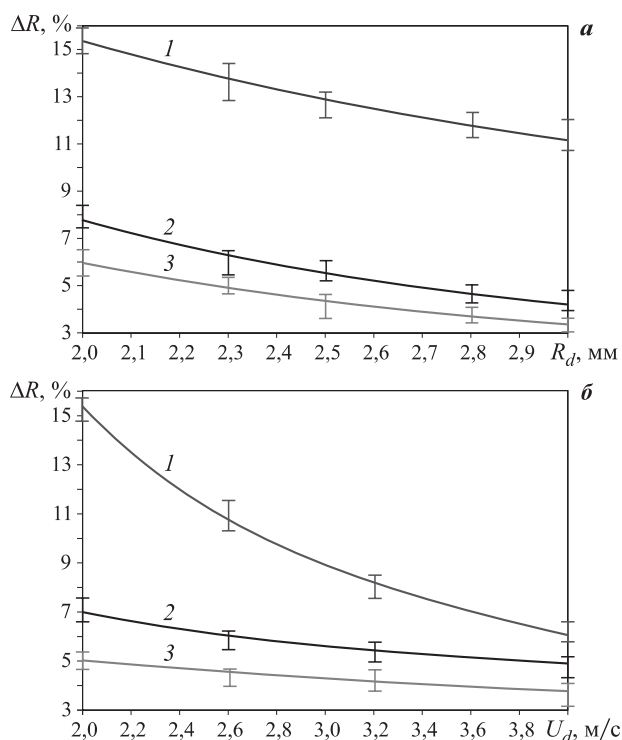


Рис. 2. Зависимость ΔR от начального размера каплей при $U_d = 2$ м/с (а) и от скорости их движения при $R_d = 2,5$ мм (б) при прохождении расстояния 1 м в высокотемпературных продуктах сгорания бензина (1), керосина (2) и технического спирта (3)

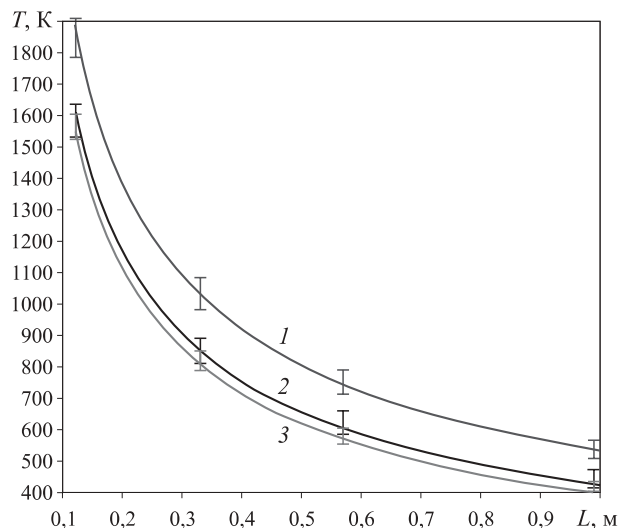


Рис. 3. Распределение температуры продуктов сгорания бензина (1), керосина (2) и технического спирта (3) в рабочем канале (по высоте L относительно горелки)

ляцию с нелинейными зависимостями скорости испарения каплей воды от температуры поверхности [14, 15]. При использовании подхода [14] и модели тепломассопереноса [15] для полученных в настоящей работе экспериментальных значений параметра ΔR при известных начальных значениях R_d , U_d и T_f можно установить аппроксимационные выражения для массовых скоростей испарения. Так, напри-

мер, для рассмотренных в настоящей работе диапазонов $R_d = 2\div 3$ мм и $U_d = 2\div 4$ м/с определены соответствующие интервалы изменения параметра ΔR . С применением последних установлено, что средние значения скорости испарения в зависимости от температуры газов можно описать аппроксимацией:

$$W_e = 0,0004 \exp[0,0059T_f], \\ 2 < R_d < 3 \text{ мм}, \quad 2 < U_d < 4 \text{ м/с}.$$

Для получения этой аппроксимации, помимо модели [15], использовали балансное соотношение, учитывающее на границе *капля воды – высокотемпературная газовая среда* расход энергии на реализацию эндотермических фазовых превращений, прогрев формирующихся “холодных” паров, а также конвективно-кондуктивный подвод тепла.

Используя такой подход для капель с меньшими размерами и данные экспериментов [10, 11], можно выделить следующие аппроксимации:

$$W_e = 0,0008 \exp[0,0053T_f], \\ 0,5 < R_d < 1 \text{ мм}, \quad 2 < U_d < 4 \text{ м/с}; \\ W_e = 0,0047 \exp[0,0043T_f], \\ 0,1 < R_d < 0,5 \text{ мм}, \quad 2 < U_d < 4 \text{ м/с}.$$

Следует отметить, что с использованием аппроксимаций такого вида довольно просто оценить условия, необходимые и достаточные для полного испарения воды в пламени при его известной температуре при пожарах нефтепродуктов. Эксперименты, выполненные для разных нефтепродуктов и горючих жидкостей, показали, что представленные аппроксимации можно применять при пожарах различных видов нефтей и нефтепродуктов. Скорости испарения капель существенно зависят от их начальных размеров, поэтому для создания общей базы данных по максимальным скоростям испарения капель воды, эмульсий и суспензий на ее основе в пламени при пожарах нефтепродуктов можно использовать представленный в настоящей работе подход

(с варьированием начальных размеров капель в широком диапазоне, соответствующем технологиям [4–8]). Наличие такой базы позволит определять параметры парокапельных облаков, необходимые и достаточные для обеспечения их эффективного воздействия при локализации и подавлении пожаров жидких нефтепродуктов.

Заключение

Несмотря на установленные отклонения значений ΔR для пожаров рассмотренных типичных горючих жидкостей и нефтепродуктов, можно сделать вывод о хорошей в целом корреляции интегральных характеристик испарения капель воды в выделенных условиях. Это позволяет обобщить результаты исследований с целью распространения их на широкий круг типичных нефтепродуктов. В частности, удовлетворительное согласование экспериментальных данных и результатов моделирования [14, 15] показывает, что для прогнозирования требуемых параметров капель в системах тушения пожаров с участием горючих жидкостей и нефтепродуктов можно использовать модели [14, 15] и приведенные в настоящей работе аппроксимационные выражения для скорости испарения. В зависимости от высоты пламени, температуры и свойств продуктов сгорания можно определять требуемые размеры капель в пароводяном облаке для минимизации расхода воды и обеспечения максимальных концентраций водяных паров (соответственно, минимальных для продуктов сгорания и окислителя). Эти результаты важны для развития теоретических основ создания эффективных технологий тушения пожаров с участием нефти и нефтепродуктов пароводяными облаками.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект 15-38-20006).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Собурь С. В. Пожарная безопасность нефтегазохимических предприятий : справочник. — М. : ПожКнига, 2004. — 431 с.
2. Молчанов В. П. Основные принципы обеспечения пожарной безопасности объектов добычи нефти и газа // Пожарная безопасность. — 2004. — № 1. — С. 29–32.
3. Горшков В. И. Тушение пламени горючих жидкостей. — М. : Пожнаука, 2007. — 268 с.
4. Karpov A. I., Novozhilov V. B., Bulgakov V. K., Galat A. A. Numerical modeling of the effect of fine water mist on the small scale flame spreading over solid combustibles // Fire Safety Science : Proceeding of Eighth International Symposium. — 2005. — Vol. 8. — P. 753–764. DOI: 10.3801/IAFSS.FSS.8-753.
5. Соколов В. В., Тугов А. Н., Гришин В. В., Камышев В. Н. Автоматическое водяное пожаротушение с применением тонкораспыленной воды на электростанциях // Энергетик. — 2008. — № 6. — С. 37–38.
6. Корольченко Д. А., Громоной В. Ю., Ворогушин О. О. Применение тонкораспыленной воды для тушения пожаров в высотных зданиях // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 9. — С. 54–57.

7. *Виноградов А. Г.* Учет спектрального состава теплового излучения при расчете коэффициента пропускания капли воды // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2013. — Т. 22, № 9. — С. 64–73.
8. *Виноградов А. Г.* Применение теории затопленных струй к расчету параметров водяных завес // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2014. — Т. 23, № 5. — С. 76–87.
9. *Volkov R. S., Vysokomornaya O. V., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A.* Experimental study of the change in the mass of water droplets in their motion through high-temperature combustion products // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. — 2013. — Vol. 86, No. 6. — P. 1413–1418. DOI: 10.1007/s10891-013-0967-z.
10. *Vysokomornaya O. V., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A.* Experimental investigation of atomized water droplet initial parameters influence on evaporation intensity in flaming combustion zone // *Fire Safety Journal*. — 2014. — Vol. 70. — P. 61–70. DOI: 10.1016/j.firesaf.2014.08.016.
11. *Volkov R. S., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A.* Experimental investigation of mixtures and foreign inclusions in water droplets influence on integral characteristics of their evaporation during motion through high-temperature gas area // *International Journal of Thermal Sciences*. — 2015. — Vol. 88. — P. 193–200. DOI: 10.1016/j.ijthermalsci.2014.10.002.
12. *Janiszewski J.* Measurement procedure of ring motion with the use of high-speed camera during electromagnetic expansion // *Metrology and Measurement Systems*. — 2012. — Vol. 19, No. 4. — P. 797–804.
13. *Janiszewski J.* Ductility of selected metals under electromagnetic ring test loading conditions // *International Journal of Solids and Structures*. — 2012. — Vol. 49, No. 7–8. — P. 1001–1008. DOI: 10.1016/j.ijsolstr.2012.01.005.
14. *Kuznetsov G. V., Kuybin P. A., Strizhak P. A.* Estimation of the numerical values of the evaporation constants of water droplets moving in a high-temperature gas flow // *High Temperature*. — 2015. — Vol. 53, No. 2. — P. 254–258. DOI: 10.1134/S0018151X15020133.
15. *Kuznetsov G. V., Strizhak P. A.* Numerical investigation of the influence of convection in a mixture of combustion products on the integral characteristics of the evaporation of a finely atomized water drop // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. — 2014. — Vol. 87, No. 1. — P. 103–111. DOI: 10.1007/s10891-014-0990-8.

Материал поступил в редакцию 30 мая 2015 г.

Для цитирования: *Дмитриенко М. А., Жданова А. О., Стрижак П. А.* Особенности испарения капель воды в пламенах типичных горючих жидкостей // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2015. — Т. 24, № 9. — С. 25–31. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.25-31.

English

FEATURES OF EVAPORATION OF WATER DROPLETS IN FLAMES OF TYPICAL FLAMMABLE LIQUIDS

DMITRIENKO M. A., Master, Heat and Power Process Automation Department, Institute of Power Engineering, National Research Tomsk Polytechnic University (Lenina Avenue, 30, Tomsk, 634050, Russian Federation; e-mail address: mad2@tpu.ru)

ZHDANOVA A. O., Postgraduate Student, Heat and Power Process Automation Department, Institute of Power Engineering, National Research Tomsk Polytechnic University (Lenina Avenue, 30, Tomsk, 634050, Russian Federation; e-mail address: zhdanovaa@tpu.ru)

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

ABSTRACT

This article presents the results of experimental investigations of the evaporation of water droplets under velocity conditions through a typical combustion of flammable liquids and oil products. The studies were focused on creating an experimental basis, sufficient for the development of the basic elements of fire extinguishing technologies using atomized water. It is established a determining influence of the sizes of generated droplets and initial velocities of their movement on the intensity of heating and evaporation of the droplets in the stream of high-temperature combustion products of gasoline, kerosene, and commercial alcohol. The results of experimental studies with the known model of heat

and mass transfer are compared. An approximate expressions to predict the velocities of evaporation of water droplets in the combustion products of typical flammable liquids and oil products are determined. It is distinguished an opportunity to fairly simple assess of necessary and sufficient conditions for the complete evaporation of the water in the flames of oil products (at a known temperature of the flame).

Keywords: high-temperature combustion gases; flammable liquids; oil products; water droplets; evaporation.

REFERENCES

1. Sobur S. V. *Pozharnaya bezopasnost neftegazokhimicheskikh predpriyatiy: spravochnik* [Fire safety in petrochemical enterprises. Guide]. Moscow, PozhKniga Publ., 2004. 431 p.
2. Molchanov V. P. Osnovnyye printsipy obespecheniya pozharnoy bezopasnosti ob'yektov dobychi nef'ti i gaza [Basic principles of fire safety of oil and gas producing enterprises]. *Pozharnaya bezopasnost — Fire Safety*, 2004, no. 1, pp. 29–32.
3. Gorshkov V. I. *Tusheniye plameni goryuchikh zhidkostey* [Extinguishing the flame of combustible liquids]. Moscow, Pozhnauka Publ., 2007. 268 p.
4. Karpov A. I., Novozhilov V. B., Bulgakov V. K., Galat A. A. Numerical modeling of the effect of fine water mist on the small scale flame spreading over solid combustibles. *Fire Safety Science: Proceeding of Eighth International Symposium*, 2005, vol. 8, pp. 753–764. DOI: 10.3801/IAFSS.FSS.8-753.
5. Sokovikov V. V., Tugov A. N., Grishin V. V., Kamyshev V. N. Avtomaticheskoye vodyanoye pozharotusheniye s primeneniym tonkoraspylennoy vody na elektrostantsiyakh [Automated water fire-fighting system using water spray on power plants]. *Energetik — Power & Electrical Engineering*, 2008, no. 6, pp. 37–38.
6. Korolchenko D. A., Gromovoy V. Yu., Vorogushin O. O. Primeneniye tonkoraspylennoy vody dlya tusheniya pozharov v vysotnykh zdaniyakh [Fire extinguishing in tall buildings by using water mist]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 9, pp. 54–57.
7. Vinogradov A. G. Uchet spektralnogo sostava teplovogo izlucheniya pri raschete koeffitsienta propuskaniya kapli vody [Accounting of thermal radiation spectral distribution at calculation of water droplet transmittance]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 9, pp. 64–73.
8. Vinogradov A. G. Primeneniye teorii zatoplennykh struy k raschetu parametrov vodyanykh zaves [Application of the submerged jet theory to calculation of water curtain parameters]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 5, pp. 76–87.
9. Volkov R. S., Vysokomornaya O. V., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Experimental study of the change in the mass of water droplets in their motion through high-temperature combustion products. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2013, vol. 86, no. 6, pp. 1413–1418. DOI: 10.1007/s10891-013-0967-z.
10. Vysokomornaya O. V., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Experimental investigation of atomized water droplet initial parameters influence on evaporation intensity in flaming combustion zone. *Fire Safety Journal*, 2014, vol. 70, pp. 61–70. DOI: 10.1016/j.firesaf.2014.08.016.
11. Volkov R. S., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Experimental investigation of mixtures and foreign inclusions in water droplets influence on integral characteristics of their evaporation during motion through high-temperature gas area. *International Journal of Thermal Sciences*, 2015, vol. 88, pp. 193–200. DOI: 10.1016/j.ijthermalsci.2014.10.002.
12. Janiszewski J. Measurement procedure of ring motion with the use of high speed camera during electromagnetic expansion. *Metrology and Measurement Systems*, 2012, vol. 19, no. 4, pp. 797–804.
13. Janiszewski J. Ductility of selected metals under electromagnetic ring test loading conditions. *International Journal of Solids and Structures*, 2012, vol. 49, no. 7–8, pp. 1001–1008. DOI: 10.1016/j.ijsolstr.2012.01.005.
14. Kuznetsov G. V., Kuybin P. A., Strizhak P. A. Estimation of the numerical values of the evaporation constants of the water drops moving in the high temperature gas flow. *High Temperature*, 2015, vol. 53, no. 2, pp. 254–258. DOI: 10.1134/S0018151X15020133.
15. Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Numerical investigation of the influence of convection in a mixture of combustion products on the integral characteristics of the evaporation of a finely atomized water drop. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2014, vol. 87, no. 1, pp. 103–111. DOI: 10.1007/s10891-014-0990-8.

For citation: Dmitrienko M. A., Zhdanova A. O., Strizhak P. A. Osobennosti ispareniya kapel vody v plamenakh tipichnykh goryuchikh zhidkostey [Features of evaporation of water droplets in flames of typical flammable liquids]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 9, pp. 25–31. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.25-31.

Д. С. КОРОЛЕВ, преподаватель кафедры пожарной безопасности технологических процессов, Воронежский институт ГПС МЧС России (Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231; e-mail: otrid@rambler.ru)

А. В. КАЛАЧ, д-р хим. наук, профессор, заместитель начальника по научной работе, Воронежский институт ГПС МЧС России (Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231; e-mail: a_kalach@mail.ru)

Д. В. КАРГАШИЛОВ, канд. техн. наук, начальник кафедры пожарной безопасности технологических процессов, Воронежский институт ГПС МЧС России (Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231)

Ю. Н. СОРОКИНА, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры химии и процессов горения, Воронежский институт ГПС МЧС России (Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231; e-mail: sorokina-jn@mail.ru)

УДК 614.8

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ДЕСКРИПТОРОВ И ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В РАСЧЕТЕ ПОЖАРНОГО РИСКА

Показано, что в связи с существенными трудностями, с которыми сопряжено определение физико-химических свойств веществ, перспективным представляется метод, основанный на использовании дескрипторов и искусственных нейронных сетей. Рассмотрен процесс прогнозирования низшей теплоты сгорания, линейной скорости распространения пламени и удельной скорости выгорания кетонов и альдегидов на основе предлагаемого метода. Установлено, что полученные по данному методу результаты дают незначительную погрешность по сравнению со справочными данными. Сделан вывод, что метод прогнозирования на основе дескрипторов и искусственных нейронных сетей позволяет с удовлетворительной точностью оценить пожароопасные свойства органических соединений.

Ключевые слова: пожарная безопасность; расчет; пожарный риск; кетоны; пожароопасные свойства; нейронные сети; дескриптор; линейная скорость распространения пламени.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.32-38

В соответствии с постановлением Правительства № 290 “О федеральном государственном пожарном надзоре” [1] взаимодействие с надзорными органами строится на основании выставленных собственникам объектов защиты претензий с их стороны. Такие претензии, как правило, оформляются в виде предписаний надзорных органов (Государственного пожарного надзора) и содержат перечень мероприятий, необходимых для выполнения со стороны организации (собственника или арендатора объекта защиты). Пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной при соблюдении одного из следующих условий:

1) в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом № 184 “О техническом регулировании” [2];

2) пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных Федеральным законом [3].

Оценка пожарного риска включает в себя пожарно-техническое обследование объекта, расчет риска и составление соответствующего положительного заключения. В случае получения отрицательного результата при расчете величины пожарного риска разрабатывается комплекс дополнительных компенсирующих противопожарных мероприятий, направленных на снижение величины пожарного риска до нормативных значений.

Алгоритм проведения проверки представлен на рис. 1.

Более точному расчету величины пожарного риска способствуют данные по пожароопасным свойствам веществ, в том числе органических соединений. Количество органических соединений ежегодно увеличивается на 250–300 тысяч, и сведения

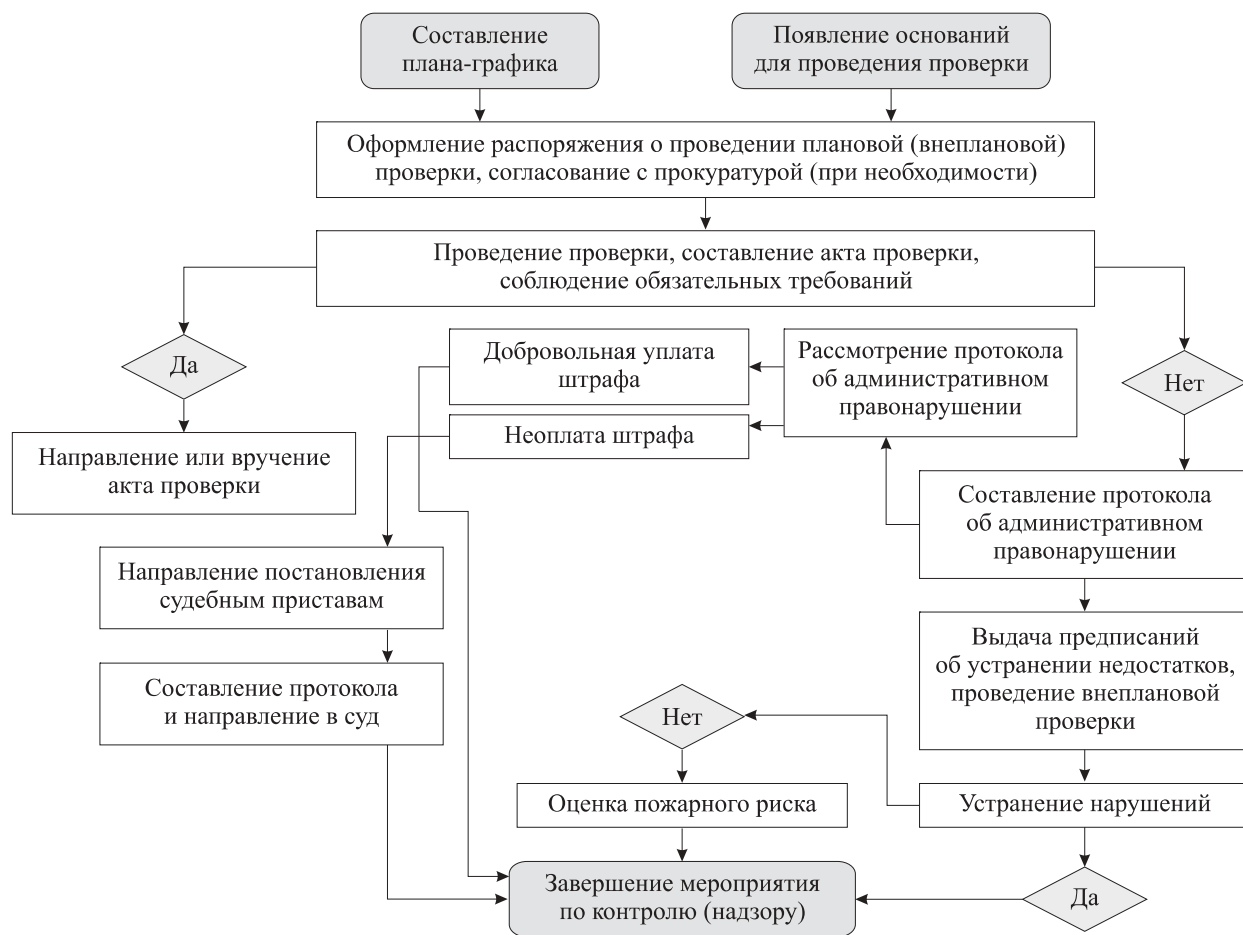


Рис. 1. Порядок проведения государственной типовой проверки инспектором отдела надзорной деятельности

Таблица 1. Некоторые дескрипторы, рассчитанные для исследованных органических соединений

Показатель	Пропаналь	2-Метилпропаналь	Бутаналь	Гептаналь	2-Метилнонаналь
Число атомов	5,00	6,00	6,00	9,00	12,00
Число атомов углерода	3,00	4,00	4,00	7,00	10,00
Относительное число атомов углерода	0,60	0,67	0,67	0,78	0,83
Число атомов водорода	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Относительное число атомов водорода	0,20	0,17	0,17	0,11	0,08
Число атомов кислорода	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Относительное число атомов кислорода	0,20	1,17	0,17	0,11	0,08
Количество связей	4,00	5,00	5,00	8,00	11,00
Количество одиночных связей	3,00	4,00	4,00	7,00	10,00
Относительное число одиночных связей	0,75	0,80	0,80	0,88	0,91
Количество двойных связей	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Относительное число двойных связей	0,25	0,20	0,20	0,13	0,09
Молекулярная масса	53,03	65,05	65,05	101,08	137,12
Относительная молекулярная масса	10,60	10,84	10,84	11,23	11,43
Гравитационный индекс G_1	277,37	358,92	358,93	603,60	849,88
Гравитационный индекс G_2	350,62	534,55	469,72	837,93	1311,60
Индекс Винера	10,00	18,00	20,00	84,00	206,00
Индекс Рандича (0-го порядка)	3,41	4,28	4,12	6,24	8,53
Индекс Рандича (1-го порядка)	1,91	2,27	2,41	3,91	5,31
Индекс Рандича (2-го порядка)	1,00	1,80	1,35	2,41	3,72
Индекс Рандича (3-го порядка)	0,50	0,82	0,71	1,46	2,50

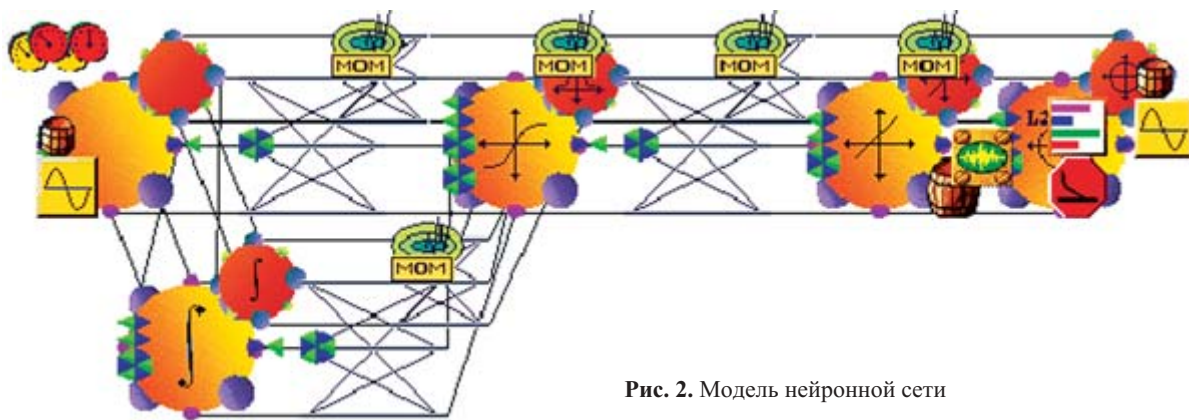


Рис. 2. Модель нейронной сети

о физико-химических свойствах многих из них на сегодня отсутствуют. В то же время при расчете величины пожарного риска необходимо знать такие свойства, как низшая теплота сгорания, линейная скорость распространения пламени, удельная скорость выгорания вещества [4, 5]. Однако экспериментальное определение физико-химических свойств веществ сопряжено с существенными техническими трудностями, экономическими и временными затратами [6]. В связи с этим перспективной представляется разработка метода определения пожароопасных показателей, основанного на использовании дескрипторов и искусственных нейронных сетей.

Рассмотрим процесс прогнозирования низшей теплоты сгорания, линейной скорости распространения пламени [7] и удельной скорости выгорания кетонов и альдегидов, основанный на использовании дескрипторов и искусственных нейронных сетей. Данный метод использовался нами в работе [8] и хорошо себя зарекомендовал.

Для описания строения молекул исследуемых соединений применялись дескрипторы структурной формулы — топологические индексы (Винера W , Рандича χ) и геометрические дескрипторы — площадь поверхности молекулы S , гравитационные индексы G_1 (все связи) и G_2 (все пары). Указанные дескрипторы были выбраны на основе сопоставления закономерностей изменения температуры вспышки в зависимости от строения молекул вещества.

В табл. 1 представлены дескрипторы [9–12] для группы исследуемых веществ. Как видно из данных, приведенных в табл. 1, с увеличением длины углеводородного радикала соединения наблюдается возрастание гравитационных индексов, индексов Винера и Рандича. В результате сопоставления показателей для 2-метилпропаналя и бутаналя установлено, что при разветвлении углеводородной цепи наблюдается увеличение дескрипторов, за исключением гравитационных индексов, индексов Винера и Рандича 1-го порядка.

Далее полученные данные обрабатывали в программе КДС 1.0, реализующей искусственные нейронные сети [13]. На рис. 2 приведена модель нейронной сети, состоящая из 30 нейронов.

Сравним полученные результаты с данными, представленными в базе данных по горючей нагрузке [7] и справочной литературе [14, 15] (табл. 2 и 3).

Сравнение результатов со справочными данными показывает, что относительная погрешность не превышает 18 %.

Из данных табл. 3 следует, что теплота сгорания вещества хорошо коррелирует с числом атомов углерода в молекуле и возрастает с увеличением длины углеводородной цепи. Предлагаемый метод прогнозирования учитывает также структуру углеводородного радикала: для разветвленных альдегидов значение теплоты сгорания выше, чем для веществ нормального строения.

Результаты прогнозирования показали относительную погрешность, не превышающую 15 % относительно значений, представленных в справочной литературе. Следовательно, результаты прогнозирования можно считать удовлетворительными.

Установлено, что на величину топологического индекса Винера W существенно влияет длина молекулы, наличие в ее структуре разветвлений, а также природа заместителей. Аналогичная зависимость установлена и для геометрических индексов G_1 , G_2 , и площади поверхности молекулы S . Индекс Винера и площадь поверхности молекулы возрастают при увеличении числа атомов углерода в цепи, причем для кетонов разветвленного строения эти дескрипторы имеют более низкие значения по сравнению с нормальными кетонами при одинаковом числе атомов углерода в молекуле. Наибольшую чувствительность к положению карбонильной группы в углеводной цепи проявляют гравитационные индексы.

Таким образом, метод прогнозирования на основе дескрипторов и искусственных нейронных сетей позволяет с удовлетворительной точностью оценить показатели пожароопасных свойств органических

Таблица 2. Результаты прогнозирования пожароопасных свойств кетонов в сравнении со справочными данными [7, 14, 15]

№ п/п	Вещество	Низшая теплота сгорания, мДж/кг		Удельная скорость выгорания, кг/(м ² ·с)		Линейная скорость распространения пламени, м/с	
		справочная	прогнозируемая	справочная	прогнозируемая	справочная	прогнозируемая
1	Ацетон	2,9	3,4	0,044	0,034	790	818
2	Дипропилкетон	3,9	3,5	—	0,045	—	815
3	Бутилметилкетон	3,5	4,8	—	0,042	—	768
4	6-Ундеканон	6,6	6,9	0,038	0,046	—	827
5	2-Пентанон	—	5,7	—	0,002	—	400
6	2-Октанон	—	6,9	—	0,037	—	824
7	2,4-Диметил-1,3-пентандион	—	3,7	—	0,046	—	474
8	3-Пентанон	—	3,3	—	0,011	—	402
9	3-Октанон	—	6,9	—	0,002	—	668
10	3-Гексанон	—	4,5	—	0,037	—	827
11	2-Гептанон	—	6,8	—	0,011	—	202
12	3-Метил-2-бутанон	—	3,4	—	0,002	—	416
13	2-Додеканон	—	6,9	—	0,046	—	830
14	2,6-Диметилпентанон	—	6,9	—	0,046	—	827
15	3-Нонанон	—	6,9	—	0,003	—	827

Таблица 3. Результаты прогнозирования пожароопасных свойств альдегидов в сравнении со справочными данными [7, 14, 15]

№ п/п	Вещество	Низшая теплота сгорания, мДж/кг		Удельная скорость выгорания, кг/(м ² ·с)		Линейная скорость распространения пламени, м/с	
		справочная	прогнозируемая	справочная	прогнозируемая	справочная	прогнозируемая
1	2-Метилпропаналь	—	373,8	—	0,045	—	378
2	2-Метилнонаналь	—	189,6	—	0,018	—	350
3	3-Метилнонаналь	—	258,3	—	0,038	—	459
4	Пропаналь	181,6	206,3	—	0,06	—	369
5	Октаналь	479,3	375,8	—	0,045	—	457
6	Додеканаль	722,6	689,5	—	0,056	—	209
7	Гексаналь	356,3	349,4	—	0,002	—	233
8	Деканаль	602,5	589,7	—	0,47	—	286
9	Пентаналь	336,8	300,7	0,06	0,046	—	378
10	Бутаналь	233,6	240,8	—	0,039	—	445
11	2-Этилбутаналь	—	256,3	—	0,02	—	584
12	Гептаналь	—	348,9	—	0,033	—	335
13	Ундеканаль	696	705,9	—	0,042	403	398
14	2-Метилбутаналь	—	584,1	—	0,07	—	456
15	2,3-Диметилпентаналь	403,5	399,8	—	0,089	—	285

соединений и в отличие от стандартных расчетных методов не требует использования других экспериментальных данных (температуры кипения, давления насыщенного пара).

Кроме того, полученные результаты расширяют базу данных по горючей нагрузке, представленную в нормативной и учебной литературе, и способствуют более точному расчету величины пожарного риска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О федеральном государственном пожарном надзоре : постановление Правительства РФ от 12.04.2012 № 290 // Российская газета. — 2012. — № 93.
2. О техническом регулировании : Федер. закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ; принят Гос. Думой 15.12.2002; одобр. Сов. Федерации 18.12.2002 // Российская газета. — 2002. — № 245.

3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ; одобрен. Сов. Федерации 11.07.2008 // Российская газета. — 2008. — № 163; Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.
4. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382; введен. 30.06.2009 // Российская газета. — 2009. — № 161.
5. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах : приказ МЧС РФ от 10.07.2009 № 404; зарег. в Минюсте РФ 17.08.2009, рег. № 14541; введен. 10.07.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
6. ГОСТ 12.1.044–89*. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. — Введен. 01.01.1991. — М. : Стандартинформ, 2006. — 100 с.
7. Кошмаров Ю. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. — М. : Академия ГПС, 2000. — 118 с.
8. Королев Д. С., Калач А. В. Категорирование помещений на основе дескрипторов и метода нейронных сетей // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. — 2015. — № 5. — С. 210–213.
9. Калач А. В., Карташова Т. В., Сорокина Ю. Н., Облиенко М. В. Прогнозирование пожароопасных свойств органических соединений с применением дескрипторов // Пожарная безопасность. — 2013. — № 1. — С. 70–73.
10. Ngoc L. M., Yoon-Mo K. Quantitative prediction of lipase reaction in ionic liquids by QSAR using COSMO-RS molecular descriptors // Biochemical Engineering Journal. — 2014. — Vol. 87. — P. 33–40. DOI: 10.1016/j.bej.2014.03.010.
11. Varnek A., Fourches D., Hoonakker F., Solov'ev V. P. Substructural fragments: an universal language to encode reactions, molecular and supramolecular structures // Journal of Computer-Aided Molecular Design. — 2005. — Vol. 19, No. 9–10. — P. 693–703. DOI: 10.1007/s10822-005-9008-0.
12. Baskin I., Varnek A. Building a chemical space based on fragment descriptors // Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening. — 2008. — Vol. 11, No. 8. — P. 661–668. DOI: 10.2174/138620708785739907.
13. Артеменко Н. В., Баскин И. И., Палюлин В. А., Зефирова Н. С. Искусственные нейронные сети и фрагментный подход в прогнозировании физико-химических свойств органических соединений // Изв. РАН. Сер. хим. — 2003. — № 1. — С. 19–28.
14. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения : справочник. — В 2 ч. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Асс. “Пожнаука”, 2004. — Ч. I. — 713 с.
15. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения : справочник. — В 2 ч. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Асс. “Пожнаука”, 2004. — Ч. II. — 774 с.

Материал поступил в редакцию 25 марта 2015 г.

Для цитирования: Королев Д. С., Калач А. В., Каргашилов Д. В., Сорокина Ю. Н. Прогнозирование основных показателей пожаровзрывоопасности органических соединений с помощью дескрипторов и искусственных нейронных сетей, используемых в расчете пожарного риска // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 9. — С. 32–38. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.32-38.

English

FORECAST OF MAJOR INDICATORS OF FIRE AND INFLAMMATION ORGANIC COMPOUNDS USING DESCRIPTORS AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS USED IN THE EVALUATION OF FIRE RISK

KOROLEV D. S., Lecturer of Fire Safety Technological Processes
Department, Voronezh Institute of State Firefighting Service
of Emercom of Russia (Krasnoznamennaya St., 231, Voronezh, 394052,
Russian Federation; e-mail address: otrid@rambler.ru)

KALACH A. V., Doctor of Chemical Sciences, Professor, Deputy Head
of the Institute for Research, Voronezh Institute of State Firefighting
Service of Emercom of Russia (Krasnoznamennaya St., 231, Voronezh,
394052, Russian Federation; e-mail address: a_kalach@mail.ru)

KARGASHILOV D. V., Candidate of Technical Sciences, Head of Fire Safety Technological Processes Department, Voronezh Institute of State Firefighting Service of Emercom of Russia (Krasnoznamennaya St., 231, Voronezh, 394052, Russian Federation)

SOROKINA Yu. N., Candidate of Technical Sciences, Docent, Docent of Chemistry and Combustion Department, Voronezh Institute of State Firefighting Service of Emercom of Russia (Krasnoznamennaya St., 231, Voronezh, 394052, Russian Federation; e-mail address: sorokina-jn@mail.ru)

ABSTRACT

According to Government Resolution No. 290 "On the Federal State Fire Supervision" dated 12.04.2012 for the purposes of monitoring compliance with the legal entity, individual entrepreneur, etc. requirements of fire safety are carried out routine checks. This type of oversight activities conducted after three years from the date of registration in a tax body or three years since the last scheduled inspection. To avoid this event in accordance with article 6 of Federal Law No. 123 "Technical regulations on fire safety requirements" (hereinafter — the Technical regulation) is permitted to carry out the calculation of the assessment of fire risk. If the calculated value does not exceed the allowable value set by the Technical regulations, it is considered that the facility meets fire safety requirements.

Every year the number of organic compounds is increased by 250–300 thousand, details of which there is no, and the calculation of the magnitude of fire risk requires knowledge of the properties of substances as lower heating value, specific speed of burnout, the linear speed of burnout. Experimental determination of physico-chemical properties of substances is associated with significant technical difficulties, economic and time costs. Therefore, a promising method for determination of the fire performance method is based on the use of descriptors and artificial neural networks.

The program KDS 1.0 handles pre-computed descriptors of the substance and predicts the required property.

Keywords: fire safety; calculation; fire risk; ketones; fire-dangerous properties; neural networks; descriptors; linear speed of a flame.

REFERENCES

1. About federal state fire supervision. Government Resolution no. 290. *Rossiyskaya gazeta* — *Russian Newspaper*, 2012, no. 93 (in Russian).
2. On technical regulation. Federal Law on 27.12.2002 No. 184. *Rossiyskaya gazeta* — *Russian Newspaper*, 2002, no. 245 (in Russian).
3. Technical regulations for fire safety requirements. Federal Law on 22.07.2008 No. 123. *Rossiyskaya gazeta* — *Russian Newspaper*, 2008, vol. 163; *Sobraniye zakonodatelstva* — *Collection of Laws of the Russian Federation*, 2008, no. 30 (part I), art. 3579 (in Russian).
4. 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. *Rossiyskaya gazeta* — *Russian Newspaper*, 2009, No. 161 (in Russian).
5. Technique of determination of settlement sizes of fire risk on production objects. Order of Emercom of Russia on 10.07.2009 No. 404. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009 (in Russian).
6. Interstate Standard 12.1.044–89*. Occupational safety standards system. Fire and explosion hazard of substances and materials. Nomenclature of indices and methods of their determination. Moscow, Standartinform Publ., 2006. 100 p. (in Russian).
7. Koshmarov Yu. A. *Prognozirovaniye opasnykh faktorov pozhara v pomeshchenii* [Forecasting of dangerous factors of the fire indoors]. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2000. 89 p.
8. Korolev D. S., Kalach A. V. Kategorirovaniye pomeshcheniy na osnove deskriptorov i metoda neyronnykh setey [Categorization of areas based on the descriptors and neural networks method]. *Vestnik BGTU im. Shukhova* — *Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov*, 2015, no. 5, pp. 210–213.
9. Kalach A. V., Kartashova T. V., Sorokina Yu. N., Oblienko M. V. Prognozirovaniye pozharoopasnykh svoystv organicheskikh soyedineniy s primeneniyem deskriptorov [Prediction of fire hazardous properties of organic compounds using descriptors]. *Pozharnaya bezopasnost* — *Fire Safety*, 2013, no. 1, pp. 70–73.

10. Ngoc L. M., Yoon-Mo K. Quantitative prediction of lipase reaction in ionic liquids by QSAR using COSMO-RS molecular descriptors. *Biochemical Engineering Journal*, 2014, vol. 87, pp. 33–40. DOI: 10.1016/j.bej.2014.03.010.
11. Varnek A., Fourches D., Hoonakker F., Solov'ev V. P. Substructural fragments: an universal language to encode reactions, molecular and supramolecular structures. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, 2005, vol. 19, no. 9–10, pp. 693–703. DOI: 10.1007/s10822-005-9008-0.
12. Baskin I., Varnek A. Building a chemical space based on fragment descriptors. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, 2008, vol. 11, no. 8, pp. 661–668. DOI: 10.2174/138620708785739907.
13. Artemenko N. V., Baskin I. I., Palyulin V. A., Zefirov N. S. Artificial neural network and fragmental approach in prediction of physicochemical properties of organic compounds. *Russian Chemical Bulletin*, 2003, vol. 52, no. 1, pp. 20–29. DOI: 10.1023/A:1022467508832.
14. Korolchenko A. Ya., Korolchenko D. A. *Pozharovzryvoopasnost veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya: spravochnik. 2-e izd.* [Fire and explosion hazard of substances and materials and their means of fighting. Reference. 2nd ed.]. Moscow, Pozhnauka Publ., 2004. Part I, 713 p.
15. Korolchenko A. Ya., Korolchenko D. A. *Pozharovzryvoopasnost veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya: spravochnik. 2-e izd.* [Fire and explosion hazard of substances and materials and their means of fighting. Reference. 2nd ed.]. Moscow, Pozhnauka Publ., 2004. Part II, 774 p.

For citation: Korolev D. S., Kalach A. V., Kargashilov D. V., Sorokina Yu. N. Prognozirovaniye osnovnykh pokazateley pozharovzryvoopasnosti organicheskikh soyedineniy s pomoshchyu deskriptorov i iskusstvennykh neyronnykh setey, ispolzuyemykh v raschete pozhnarogo riska [Forecast of major indicators of fire and inflammation organic compounds using descriptors and artificial neural networks used in the evaluation of fire risk]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 9, pp. 32–38. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.32-38.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Предлагает книгу

А. Я. Корольченко, Д. О. Загорский КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ И ЗДАНИЙ ПО ВЗРЫВПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ



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

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. ФАЛЬСИФИКАЦИЯ И НЕДОБРОСОВЕСТНАЯ КОНКУРЕНЦИЯ

В данной статье хотелось бы обозначить одну из проблем российского “цивилизованного рынка” (выражение взято в кавычки не случайно).

В России контрафактом, фальсификацией продукта, подделками любых материалов никого не удивишь, труднее найти по-настоящему качественный продукт. Фальсификат всегда дешевле, так как изготавливается из чего угодно и как угодно. Маркетологи и изготовители ведут агрессивную деятельность по его продвижению, не обременяя себя никакими моральными ограничениями: как говорится, “бизнес и ничего личного”.

Такое стало возможно, потому что система власти и контроля в нашей стране не предусматривает структуру, которая бы занималась данной проблемой и была наделена соответствующими полномочиями. Более того, если бы такая структура вдруг сейчас появилась, то она была бы номинальной и абсолютно бесполезной. В России отсутствует законодательная база по борьбе с фальсификатом, не определен порядок проверок, отсутствует регламент выявления поддельной продукции, т. е. нет технологии и порядка действия данной структуры.

Почему это происходит? Ответ очевиден. Качественная нефальсифицированная продукция никому не нужна, кроме потребителя и нормального порядочного производителя.

Данное утверждение получило свое подтверждение на заседании Торгово-промышленной палаты РФ по проблемам пожарной безопасности в мае этого года. Все производители продукции, предназначенной для сферы пожарной безопасности и ликвидации последствий пожара, привели статистику и факты о том, что рынок захлестнула волна фальсификата, и высказали мнение, что надо предпринимать конкретные меры для контроля и привлечения к ответственности продавцов и производителей данной продукции. В то же время представители и правительства, и МЧС, участвовавшие в заседании, заявили, что это не их вопрос и у них нет полномочий решать данные проблемы. Возникает вопрос: кто должен этим заниматься?

Проблема глобальная, и ее надо решать! При пожарах гибнет огромное количество людей. За примерами далеко ходить не надо: это и развлекательный центр “Хромая лошадь” в Перми, и Торговый центр “Адмирал” в Казани, и др. Однако обо-

значенные выше проблемы не решаются годами, и даже десятилетиями! Что это? Халатность или заинтересованность? Вывод делать самим читателям.

Безнаказанность в данном глобальном вопросе порождает более организованные формы недобросовестной конкуренции, нежели действия отдельных производителей и продавцов. Появляются целые организованные сообщества, продвигающие свои финансовые интересы отнюдь не в интересах потребителя.

Одной из таких организаций является ассоциация “Росизол”, объединяющая производителей теплоизоляционных материалов с громкими брендами “ТехноНИКОЛЬ”, “РОКВУЛ”, “КНАУФ” и других, менее известных и очевидно номинальных, так сказать для массы. Один из пунктов кодекса поведения членов ассоциации гласит: *Члены “Росизол” публично не порочат, не жульничают или не клеветают в отношении персонала или бизнеса других членов “Росизол”*. Содержание данного пункта наводит на мысль, что моральный облик членов данной ассоциации позволяет в отношении “не членов Росизола” допускать публичное жульничество, порочение и клевету.

Не имея возможности выпускать конкурентоспособный огнезащитный материал, они приняли на вооружение политику дискредитации продукции других производителей, в частности материала, лучше которого по критерию эффективность – цена нет ни в России, ни в Европе, ни в Азии, ни в Америке. Речь идет о материале базальтовом огнезащитном фольгированном (МБОР-Ф). Данный материал состоит из слоя базальтового супертонкого волокна, покрытого фольгой, с горючими элементами, присутствующими в малом количестве только в клеевом составе, с помощью которого крепится фольга. В объеме всего материала их содержание составляет 0,32 %.

Для дискредитации МБОР-Ф была предпринята попытка доказать, что данный материал горючий. Для этого был закуплен якобы материал производства ОАО “Тизол”. Представители “Росизола” приняли решение разделить его на слои и испытать на горючесть вместо одного целых 150 слоев фольги с клеевым составом, сложенных в стопку. Обоснованием данных действий послужила методика, описанная в ГОСТ 30244–94, которая предусматривает испытание каждого слоя неод-

нородных материалов и распространение наилучшего результата на весь материал. Однако “специалисты”, которые готовили данную провокацию, оказались крайне некомпетентными и даже не удосужились ознакомиться с проблемами, возникающими при испытаниях на негорючесть неоднородных материалов, а они состоят из нескольких аспектов:

- 1) международная практика предусматривает определение негорючести неоднородных материалов в целом, а не отдельных фрагментов;
- 2) российские специалисты уже давно ставят под сомнение методику, описанную в ГОСТ 30244-94;
- 3) в России с 01.10.2014 г. вступила в силу актуализированная редакция ГОСТ Р ИСО 1182-2014 “Испытания строительных материалов и изделий на пожарную опасность. Метод испытания на негорючесть”, методика которого как раз и отражает международную практику;
- 4) существует приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16.04.2014 г. № 474 “Об утверждении перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” (с изм. на 20.03.2015 г.). ГОСТ 30244-94 в этом перечне представлен в двух пунктах, которые касаются критериев горючести, а не методики подготовки образцов для испытаний.

Подтверждением данных аспектов стало то, что 11 июня 2015 г. вышло распоряжение Правительства РФ № 1092-р об утверждении перечня национальных стандартов, необходимых для применения и исполнения Федерального закона “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”, в котором ГОСТ 30244 оставлен только в части, касающейся определения горючести строительных материалов.

Несмотря на вышеперечисленное, эти “специалисты” пытаются довести свое местечковое мнение как “истину в последней инстанции” до широких масс, совершенно не учитывая реалии сегодняшнего дня. Ассоциации, подобные выше-

упомянутому “Росизолу”, с сомнительными моральными ценностями помогают им высказывать свое крайне некомпетентное мнение на федеральном уровне.

А реалии состоят в том, что специалисты предприятия “Тизол” своевременно отслеживают все аспекты, связанные с актуализацией нормативных документов на продвигаемую ими продукцию, и даже участвуют в нормотворческой деятельности. Лаборатория предприятия оснащена соответствующими установками, и испытания на негорючесть проводятся в соответствии с международной практикой, а с прошлого года — и по методике ГОСТ Р ИСО 1182, причем с завидной регулярностью. При этом однозначно подтверждается негорючесть всех базальтовых материалов, выпускаемых ОАО “Тизол”.

Специалисты, применяющие материалы марки “Тизол”, знают, что система ЕТ ВЕНТ, компонентом которой является МБОР-Ф, крайне надежна и проста в эксплуатации. Данная система регулярно проходит сертификационные огневые испытания, в которых подтверждаются ее огнезащитные свойства. С помощью этой системы защищены миллионы воздуховодов по всей России, а анализ пожаров на некоторых объектах, где была применена данная система, только подтверждает высокую эффективность огнезащитных систем под маркой “Тизол”.

Основателям таких объединений, как “Росизол”, надо просто внимательнее изучать историю. Все группировки, которые позволяли себе аморальное поведение по отношению к своим оппонентам, в конечном счете прекращали свое существование, потому что подобная манера поведения переходила во внутренние отношения между ее членами. Порядочность — понятие абсолютное: нельзя быть относительно порядочным, для избранного круга лиц, а для других совесть прятать под подушкой. Вот и получается, что надо просто подождать...

Вызывает большое сомнение то, что владельцы таких известных брендов, как “КНАУФ” и “РОКВУЛ”, могли давать указание своим представителям в России заниматься таким неблагоприятным делом. Очевидно, что это самодеятельность ассоциации “Росизол”, так сказать “междусобойчик” во всероссийском масштабе. Тем не менее, имидж крупнейших брендов они портят, решая свои текущие проблемы на фоне “сжимающихся” рынков.

© КУЗНЕЦОВ Е. Б.,

начальник управления стратегического развития, ОАО “Тизол”

(Россия, Свердловская обл., г. Нижняя Тура; e-mail: oom@tizol.com)



А. Л. НИКИФОРОВ, д-р техн. наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры пожарной профилактики в составе Учебно-научного комплекса "Государственный надзор", Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33; e-mail: anikiforoff@list.ru)

Е. В. КАРАСЕВ, заместитель начальника кафедры пожарной профилактики в составе Учебно-научного комплекса "Государственный надзор", Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33; e-mail: evkar75@mail.ru)

В. В. БУЛГАКОВ, канд. техн. наук, начальник Учебно-научного комплекса "Государственный надзор", Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33; e-mail: vbulgakov@rambler.ru)

С. Н. ЖИВОТЯГИНА, канд. хим. наук, старший преподаватель кафедры пожарной профилактики в составе Учебно-научного комплекса "Государственный надзор", Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, 153040, г. Иваново, просп. Строителей, 33; e-mail: jivotjagina@mail.ru)

УДК 621.314.22

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМОХРОМНЫХ МАТЕРИАЛОВ В КАЧЕСТВЕ СИГНАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПОЖАРОВ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

На основе анализа статистики пожаров, литературных данных и проведенного эксперимента сделан вывод о возможности применения термохромных красок в качестве индикаторов развития пожароопасных режимов работы электроустановок. Установлено, что введение термохромных красителей в изоляцию электропроводок позволяет визуализировать развитие аварийных режимов работы. С помощью термохромных стикеров, наклеенных на корпуса трансформаторов и электродвигателей, наглядно продемонстрированы возможности данного сигнального материала, предназначенного для предупреждения о возможности возникновения пожара на электрооборудовании и электроустановках. Сделан вывод, что использование термохромного материала с параметрами температурного перехода выше нормальных эксплуатационных температур оборудования позволит своевременно предотвращать выход из строя оборудования и возникновение пожара.

Ключевые слова: термохромные материалы; термохромные стикеры; диагностика; большие переходные сопротивления; электроизоляционные материалы; пожароопасные режимы работы; электроустановки.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.41-47

В нормативно-технических документах достаточно широко представлены требования к защите электрооборудования от различных пожароопасных режимов. Федеральным законом от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" [1] установлена вероятность возникновения пожара в электрооборудовании, которая не должна превышать 10^{-6} в год.

Ст. 142 [1] регламентирует требования пожарной безопасности к электротехнической продукции. Основные требования предъявляются к стойкости элементов, используемых в электротехнической продукции, к воздействию пламени, нагретых элементов, электрической дуги, к нагреву в местах контактных соединений и токопроводящих мостиков. Электротехническая продукция должна быть стойкой также к возникновению и распростране-

нию горения при аварийных режимах работы (короткое замыкание, перегрузки и большие переходные сопротивления). Аппараты защиты должны отключать участок электрической цепи от источника электрической энергии при возникновении аварийных режимов работы до возникновения загорания.

Таким образом, требования пожарной безопасности носят характер предупреждения на этапе предпожарной ситуации, когда температура в электропроводке достигает критических значений, что приводит к срабатыванию аппаратов защиты от токов короткого замыкания и больших переходных сопротивлений. Нормативные требования предъявляются также к нераспространению огня по изоляции электропроводки.

Согласно официальной статистике за 2013 г. в Российской Федерации доля пожаров вследствие на-

рушений правил устройства и эксплуатации электрооборудования составила 26,3 % от общего количества пожаров, материальный ущерб — 30,4 % от всего материального ущерба от пожаров, а количество погибших — 17,5 % от общего числа погибших при пожарах [2].

В соответствии с [3] термин “электрооборудование” полностью распространяется и на кабельные изделия. Электрооборудование — это любое оборудование, предназначенное для производства, преобразования, передачи, распределения или потребления электрической энергии, например машины, трансформаторы, аппараты, измерительные приборы, устройства защиты, кабельная продукция, электроприемники.

В соответствии с [4] кабельное изделие (кабель, провод, шнур) предназначено для передачи по нему электрической энергии, электрических и оптических сигналов информации или для изготовления обмоток электрических устройств. В соответствии с [5] под понятие “электропроводка” подпадают кабельные линии напряжением до 1000 В.

Электропроводки, в том числе кабельные линии, традиционно являются самыми пожароопасными видами электрооборудования. Согласно статистическим данным в период 2005–2013 гг. в Российской Федерации ежегодное количество пожаров из-за аварийных режимов в электропроводках составляло в среднем 28 220, или 65,2 % от общего числа пожаров из-за неисправностей электрооборудования [2, 6]. Доля пожаров из-за аварийных режимов в электропроводках в общем объеме пожаров от электрооборудования увеличилась с 62,5 % в 2005 г. до 71,2 % в 2013 г. (табл. 1).

Наибольшее количество пожаров из-за аварийных режимов в электропроводках происходит в жилых объектах и сопровождается наибольшим числом погибших людей. Количество пожаров, возникших по тем же причинам, на промышленных объектах

значительно меньше, однако прямой ущерб от них существенно выше.

Таким образом, электропроводки являются наиболее уязвимым видом электрооборудования с точки зрения пожарной опасности и представляют непосредственную угрозу безопасности людей.

Оценить вероятность развития пожароопасного режима работы в электрооборудовании по внешним признакам сложно, так как большинство развивающихся аварийных процессов протекает без видимых проявлений. Зачастую момент обнаружения данной проблемы наступает уже после выхода электроустановки из строя. При этом причиной аварий в электропроводках является возникновение перегрузок и больших переходных сопротивлений. Нарушение нормальной работы электрической сети выражается в повышении температуры проводников. Не предусмотренный штатным режимом нагрев проводов до высоких температур вызывает химическую деструкцию и преждевременное старение изоляции, что в конечном счете приводит к возникновению короткого замыкания и повышает вероятность пожара. При этом в течение длительного времени происходит снижение сопротивления изоляции и потеря изолирующих свойств, что тоже негативно сказывается на температурном режиме проводки. Таким образом, проявление пожароопасных режимов работы в электроустановках выражается в повышении температуры изоляции проводников и защитных покровов электрических приборов и машин в местах локализации элементов, работающих в аварийных режимах.

Изоляция электротехнических изделий и электропроводок, выполненная из различных материалов, способна самовоспламеняться в случае достижения критических температур при аварийных пожароопасных режимах.

Нагрев изоляционных материалов токами короткого замыкания или рабочими токами в местах больших переходных сопротивлений, при перегрузке или токах утечки приводит: к выделению легко воспламеняющихся продуктов при сравнительно низких температурах, к воспламенению горючей изоляции при достижении температуры воспламенения, к тепловому пробое и коротким замыканиям в электрических цепях (табл. 2) [7, 8]. Для снижения пожарной опасности электроустановок необходимо, чтобы температура их частей в нормальном режиме эксплуатации не превышала значений, допускаемых нормами.

В основу способа, который поможет человеку, не имеющему специального образования и навыков обращения с электропроводкой, обнаружить неисправность или сбой в работе электроприборов и самой проводке, может быть положен контроль за тем-

Таблица 1. Статистические данные по пожарам из-за аварийных режимов в электропроводках в период 2005–2013 гг.

Год	Количество пожаров	% от общего количества пожаров из-за неисправностей электрооборудования
2005	26 954	62,5
2006	26 657	62,4
2007	26 475	63,6
2008	25 712	64,2
2009	27 925	63,1
2010	29 799	65,6
2011	29 209	66,2
2012	30 429	67,9
2013	30 816	71,2

Таблица 2. Показатели пожарной опасности электроизоляционных материалов

Материал	Температура, °C	
	начала разложения	воспламенения
Резина	50	220
Полиэтилен	70	306
Поливинилхлорид	65	560
Полистирол	65	274

пературой рабочих оболочек электроустановок и изоляции проводников. Однако использование для этой цели специальных средств, основанных на применении термопреобразователей, пирометров и т. п., неприемлемо, так как для обращения с ними нужна подготовка. Способ контроля должен быть дешевым, наглядным и не требовать специальных навыков.

Анализируя литературные данные, мы обратили внимание на проявление эффекта термохромизма, который заключается в том, что ряд химических веществ при превышении определенных температур способен менять свой цвет. Благодаря использованию таких термоиндикаторов появляется возможность обнаружить не только неисправность в электропроводке или на электроустановке, но и выявить именно тот конкретный участок, который опасен с точки зрения риска возникновения пожара.

Проведенный нами анализ литературы, посвященной проблемам получения и использования термохромных красок, показал, что данные материалы способны достаточно точно реагировать на изменение температуры. Так, в статье [9] приведены сведения о технических возможностях термоиндикаторов на основе жидких кристаллов, а также рассмотрены вопросы, связанные с особенностями их химического строения и технологии получения. Более подробно химическое строение, свойства и особенности синтеза обратимых термоиндикаторов на примере термохромного материала — гексабромотеллурата (IV) гуанидиния подробно рассмотрены в статье [10]. Предложенные авторами [11] термоиндикаторные композиции на основе координационных соединений металлов обладают комплексом уникальных свойств и являются одними из наиболее перспективных в практическом плане материалов.

За рубежом термохромные материалы нашли широкое применение при изготовлении так называемых “умных окон”, в которых на поверхность стекла нанесена пленка с термочувствительным пигментом [12–14]. В результате нагрева солнечным светом изменяется светопропускание пленки и тем самым регулируется освещенность. В данном случае диапазон рабочих температур термохромного мате-

риала сравним с характеристиками пигментов, используемых в нашей работе.

Следует отметить, что диапазон рабочих температур термохромных веществ позволяет достаточно точно диагностировать изменение температуры машин и механизмов, электрических устройств и приборов, аппаратов и реакторов при реализации на практике технологических процессов. Причем реализовано это может быть как введением термохромных добавок в лакокрасочные покрытия, так и использованием индивидуальных наклеек-стикеров. Суть идеи заключается в следующем. При нормальном режиме работы оборудования температура рабочих оболочек находится в определенном диапазоне эксплуатационных значений. Однако при превышении некоторой критической температуры используемый в оборудовании термохромный материал меняет свой цвет, сигнализируя о возникшей проблеме, и тем самым дает возможность своевременно отреагировать на нештатную ситуацию, предотвратить выход из строя оборудования и не допустить вероятности возникновения пожара.

Следует заметить, что сведений об использовании термохромных материалов в данных целях в литературных источниках не встречается. Целью проделанной нами работы стал выбор термохромных красителей, используемых в качестве индикаторов для предупреждения возникновения пожаров в электроустановках.

Введение термохромных красителей в изоляцию электропроводок показало высокую эффективность данного метода при несоблюдении режимов эксплуатации изолированных проводов и кабельной продукции. Термохромные стикеры, наклеенные на корпуса трансформаторов и электродвигателей, также наглядно продемонстрировали возможности данного сигнального материала, предназначенного для предупреждения о возможности возникновения пожара на электрооборудовании и электроустановках.

В табл. 3 приведены характеристики термохромных красителей, использованных в нашей работе. Перечисленные красители в исходном виде представляли собой порошкообразный продукт, цвет которого соответствовал исходному (т. е. зеленый, оранжевый, синий, черный, фиолетовый).

В наших экспериментах выбранные термохромные красители добавлялись в поливинилхлоридную пасту, из которой в дальнейшем формировалось изоляционное покрытие проводов. Визуально определяемое изменение цвета изоляции провода, включенного в электрическую сеть, сигнализировало о достижении проводом опасной температуры и наличии неисправности в самой сети. Были подобраны оптимальные концентрации красителя в пасте и

Таблица 3. Характеристики термохромных красителей, использованных в работе

№ п/п	Марка красителя и тип	Цветовой переход	Температура цветового перехода, °С	
			начала	окончания
1	AQ CR typ-41	Зеленый → желтый	35	44
2	Van Son typ-190	Оранжевый → бесцветный	171	180
3	Kw-03 typ-072C	Синий → белый	72	76
4	Kw-03 typ-446C	Черный → белый	87	98
5	Kw-03 typ-350K	Фиолетовый → белый	107	112

проведена оценка эффективности срабатывания сигнальной системы, основанной на оценке времени отклика на изменение температуры.

В качестве альтернативного варианта нами использовался силиконовый самоотверждающийся строительный герметик, в который вводились те же термохромные пигменты (красители) в тех же пропорциях, что и для поливинилхлорида.

Оценка изменения цвета изоляции образцов в зависимости от температуры проводилась визуально, при этом также контролировались время и температура цветового перехода. Результаты наблюдений приведены в табл. 4.

Для электрических проводов считаем целесообразным использовать краситель Kw-03 typ-072C с температурным диапазоном цветового перехода 72–85 °С. Данные значения температуры являются критическими для этих изделий и свидетельствуют о ненормальном режиме их эксплуатации.

Следующий этап нашего исследования был посвящен разработке термохромных стикеров (наклеек), предназначенных для визуализации контроля за температурой электрических машин и механизмов.

В качестве связующего был использован прозрачный силиконовый герметик, в качестве подложки — малярный скотч и самоклеющаяся алюминиевая фольга, в качестве индикатора — краситель Kw-03 typ-446C (см. табл. 1) с цветовым переходом из черного в белый и диапазоном температурного отклика 87–98 °С. Изготовленный нами сигнальный элемент представлял собой квадратный элемент самоклеющейся подложки размером 10×10 мм, по центру которого располагалась капля термохромного материала диаметром (6±1) мм.

В наших экспериментах использовался разделительный трансформатор с обмотками на 127 В. Термохромные элементы наклеивались в видимом месте на сердечник трансформатора и на катушку обмотки.

Таблица 4. Оптимальные концентрации термохромных красителей

№ п/п	Марка красителя и тип	Оптимальная концентрация, г/кг	
		ПВХ-связующего	силикона
1	AQ CR typ-41	20	20
2	Van Son typ-190	10	20
3	Kw-03 typ-072C	20	20
4	Kw-03 typ-446C	10	10
5	Kw-03 typ-350K	10	10

При искусственно создаваемой перегрузке трансформатор начинал нагреваться. Для контроля за нагревом использовались стикеры и медь-константановая термопара.

Результаты наблюдений показали, что предпочтительнее контролировать температуру на катушке обмотки, поскольку этот элемент нагревается быстрее и до более высоких температур. При этом лучше в качестве подложки использовать фольгу, так как она реагирует на изменение температуры быстрее, нежели бумажная. Причина такого различия заключается в различной теплопроводности бумаги и металла. В данном случае мы считаем целесообразным использовать три стикера, рассчитанные на разные температуры:

- первый — на базе красителя Kw-03 typ-072C, с диапазоном температурного отклика 72–85 °С, сигнализирующий о нештатном режиме работы оборудования или его плохом охлаждении;
- второй — на базе красителя Kw-03 typ-350K, с диапазоном температурного отклика 107–116 °С, предупреждающий о достижении агрегатом опасной температуры, способной вызвать пожар;
- третий — на базе красителя Van Son typ-190, с диапазоном температурного отклика 171–183 °С, подающий сигнал о критической ситуации (высокая вероятность возгорания изоляции обмотки, возникновения короткого замыкания и выхода агрегата из строя).

На наш взгляд, данные вещества могут и должны быть внедрены в сферу жизнедеятельности человека, связанную с предупреждением возникновения пожаров и других чрезвычайных ситуаций, возникающих при нарушениях температурных режимов (при осуществлении технологических процессов, эксплуатации машин и механизмов, в процессе работы силового электрооборудования и т. д.). Внедрение предложенного способа определения аварийных режимов работы электропроводки, связанных с нагревом изоляции до критических температур, по нашему мнению, позволит снизить количество пожаров, предотвратить гибель людей и сократить материальный ущерб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008; одобрен Сов. Федерации 11.07.2008 // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2013 году : статистический сборник / Под общ. ред В. И. Климкина. — М. : ВНИИПО, 2014. — 137 с.
3. ГОСТ Р 50571.1–93. Электроустановки зданий. Основные положения. — Введ. 01.01.95. URL: <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/4/4284/index.htm> (дата обращения: 25.03.2015).
4. ГОСТ 31565–2012. Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности. — Введ. 01.01.2014. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200101754> (дата обращения: 25.03.2015).
5. ГОСТ Р 50571.5.52–2011. Электропроводки низковольтные. Часть 5-52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки. — Введ. 01.01.2013. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-50571-5-52-2011?block=14> (дата обращения: 25.03.2015).
6. Пожары и пожарная безопасность в 2009 году : статистический сборник / Под общ. ред. Н. П. Копылова. — М. : ВНИИПО, 2010. — 135 с.
7. Костарев Н. П., Черкасов В. Н. Методы оценки пожарной опасности электроустановок : учеб. пособие. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2002. — 107 с.
8. Баратов А. Н., Корольченко А. Я., Кравчук Г. Н. и др. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средств тушения : справочник : в 2 кн. — М. : Химия, 1990. — Кн. 1. — 496 с.
9. Беляев В. В. 25-я Международная конференция по жидким кристаллам. Дублин, Ирландия, 30 июня – 4 июля 2014 г. // Жидкие кристаллы и их практическое использование. — 2014. — Т. 14, № 3. — С. 80–87.
10. Черкасова Е. В., Осипенко А. А. Химические термоиндикаторы // Вестник Кузбасского государственного технического университета. — 2014. — № 1. — С. 94–95.
11. Сторожук Т. В., Буквецкий Б. В., Мирочник А. Г., Карасев В. Е. Синтез, строение и обратимый термохромизм гексабромотеллурата (IV) гуанидиния // Журнал структурной химии. — 2003. — Т. 44, № 5. — С. 968–972.
12. Granqvist C. G., Lanseker P. C., Mlyuka N. R., Niklasson G. A., Avendaco E. Progress in chromogenics: New results for electrochromic and thermochromic materials and devices // Solar Energy Materials and Solar Cells. — 2009. — Vol. 93, No. 12. — P. 2032–2039. DOI: 10.1016/j.solmat.2009.02.026.
13. Alamri S. N. The temperature behavior of smart windows under direct solar radiation // Solar Energy Materials and Solar Cells. — 2009. — Vol. 93, No. 9. — P. 1657–1662. DOI: 10.1016/j.solmat.2009.05.011.
14. Cui H. N., Costa M. F., Teixeira V., Porqueras I., Bertran E. Electrochromic coatings for smart windows // Surface Science. — 2003. — Vol. 532–535. — P. 1127–1131. DOI: 10.1016/s0039-6028(03)00457-6.

Материал поступил в редакцию 8 апреля 2015 г.

Для цитирования: Никифоров А. Л., Карасев В. Е., Булгаков В. В., Животягина С. Н. Использование термохромных материалов в качестве сигнальных средств предупреждения пожаров в электроустановках // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 9. — С. 41–47. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.41-47.

English

USAGE OF THERMOCHROMIC MATERIALS AS FIRE PREVENTION SIGNALLING MEANS IN ELECTRICAL INSTALLATIONS

NIKIFOROV A. L., Doctor of Technical Sciences, Senior Lecture, Professor of Fire Prevention Department, Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation; e-mail address: anikiforoff@list.ru)

KARASEV E. V., Deputy Chief of Fire Prevention Department, Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation; e-mail address: evkar75@mail.ru)

BULGAKOV V. V., Candidate of Technical Sciences, Chief of Educational and Science Complex of State Supervision, Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation; e-mail address: vbulgakov@rambler.ru)

ZHIVOTYAGINA S. N., Candidate of Chemical Sciences, Senior Lecture of Fire Prevention Department, Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Emercom of Russia (Stroiteley Avenue, 33, Ivanovo, 153040, Russian Federation; e-mail address: jivotyagina@mail.ru)

ABSTRACT

The most electric wiring fires strike in residential structures causing a great many of casualties. The numbers of the same fires on industrial enterprises are considerably fewer but damage from them is rather greater.

Thereby electric wiring is mostly vulnerable to the fire risk and threatens life safety directly.

It is rather hard to assess the possibility of an emerging fire in electrical equipment by outward signs because the majority of emergency processes are not visible.

It is a usual thing that the problem is discovered when the electrical installation is no longer on duty. It is true that emergencies in electric wiring are caused by voltage overloading and large transient resistance. Electric wiring failure is revealed by rising the temperature of conductors. Running out of the normal mode, heating of electric wiring up to high temperatures brings to chemical destruction and untimely erosion of isolation what finally provokes a short circuit and a probable fire. The fact is that during a long period the isolation is under the process of lowering its resistance and loss of isolation characteristics what negatively influences the temperature mode of the wiring as well.

Application of thermo chrome dyes within the isolation of wiring affords to visualize the development of emergency modes of operation. Thermo chrome stickers on transformers and electric motors have also exposed the potential of this signal stuff intended for warning of a possible ignition in electrical equipment.

Being referred to analysis of statistics of fires, literary sources and the experiment it has been made the conclusion proving that it is possible to apply thermo chrome dyes as indicators of the moment when electrical installations start operating under the modes associated with fire risks.

Application of thermo chrome stuff displaying the temperature rise above the normal operational temperature of equipment will give a chance to respond to the problem in a proper time preventing breakdown of the equipment and the fire ignition.

Keywords: thermochromic materials; thermochromic stickers; diagnostics; high transient resistance; electrical insulation materials; flammable operating conditions; power plant.

REFERENCES

1. Technical regulations for fire safety requirements. Federal Law on 22.07.2008 No. 123. *Sobraniye zakonodatelstva — Collection of Laws of the Russian Federation*, 2008, no. 30 (part I), art. 3579 (in Russian).
2. Klimkin V. I. (ed.). *Pozhary i pozharnaya bezopasnost v 2013 godu. Statisticheskiy sbornik* [Fires and fire safety in 2013: Statistical Yearbook]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 2014. 137 p.
3. *State standard 50571.1–93. Electrical installations of buildings. General*. Available at: <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/4/4284/index.htm> (Accessed 25 March 2015) (in Russian).
4. *Interstate standard 31565–2012. Cable products. Requirements of fire safety*. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200101754> (Accessed 25 March 2015) (in Russian).
5. *National standard of the Russian Federation 50571.5.52–2011. Low-voltage electrical installations. Part 5-52. Selection and installation of electrical equipment — Wiring systems*. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-50571-5-52-2011?block=14> (Accessed 25 March 2015) (in Russian).
6. Kopylov N. P. (ed.). *Pozhary i pozharnaya bezopasnost v 2009 godu. Statisticheskiy sbornik* [Fires and fire safety in 2009: Statistical Yearbook]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 2010. 135 p.

7. Kostarev N. P., Cherkasov V. N. *Metody otsenki pozharnoy opasnosti elektroustanovok. Uchebnoye posobiye* [Methods for assessing the fire hazard of electrical installations: Teaching guide]. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2002. 107 p.
8. Baratov A. N., Korolchenko A. Ya., Kravchuk G. N. et al. *Pozharovzryvopasnost veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya. Spravochnik* [Fire and explosion hazard of substances and materials and means of extinguishing. Reference book]. Moscow, Khimiya Publ., 1990. Book 1, 496 p.
9. Belyaev V. V. 25-ya Mezhdunarodnaya konferentsiya po zhidkim kristallam. Dublin, Irlandiya, 30 iyunya – 4 iyulya 2014 g. [25th International Liquid Crystal Conference, Dublin, Ireland, 30 June – 4 July, 2014]. *Zhidkiye kristally i ikh prakticheskoye primeneniye — Liquid Crystals and their Application. Russian Journal*, 2014, vol. 14, no. 3, pp. 80–87.
10. Cherkasova E. V., Osipenko A. A. Khimicheskiye termoinдикatory [Chemical thermoindicators]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta — Vestnik of Kuzbass State Technical University*, 2014, no. 1, pp. 94–95.
11. Storozhuk T. V., Bukvetskii B. V., Mirochnik A. G., Karasev V. E. Synthesis, structure, and reversible thermochromism of guanidinium hexabromotellurate (IV). *Journal of Structural Chemistry*, 2003, vol. 44, no. 5, pp. 880–884. DOI: 10.1023/b:jory.0000029830.73340.3b.
12. Granqvist C. G., Lanseker P. C., Mlyuka N. R., Niklasson G. A., Avendaco E. Progress in chromogenics: New results for electrochromic and thermochromic materials and devices. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2009, vol. 93, no. 12, pp. 2032–2039. DOI: 10.1016/j.solmat.2009.02.026.
13. Alamri S. N. The temperature behavior of smart windows under direct solar radiation. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2009, vol. 93, no. 9, pp. 1657–1662. DOI: 10.1016/j.solmat.2009.05.011.
14. Cui H. N., Costa M. F., Teixeira V., Porqueras I., Bertran E. Electrochromic coatings for smart windows. *Surface Science*, 2003, vol. 532–535, pp. 1127–1131. DOI: 10.1016/s0039-6028(03)00457-6.

For citation: Nikiforov A. L., Karasev E. V., Bulgakov V. V., Zhivotyagina S. N. Ispolzovaniye termokhromnykh materialov v kachestve signalnykh sredstv preduprezhdeniya pozharov v elektroustanovkakh [Usage of thermochromic materials as fire prevention signalling means in electrical installations]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 9, pp. 41–47. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.41-47.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Предлагает 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



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

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

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

А. И. БЫКОВ, ведущий инженер службы пожарной безопасности,
ООО "Газпром трансгаз Ухта" (Россия, Республика Коми, 169300, г. Ухта,
просп. Ленина, 39/2; e-mail: abykov@sgp.gazprom.ru)

УДК 658.382

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ МАССЫ ПРИРОДНОГО ГАЗА, УЧАСТВУЮЩЕГО В ОБРАЗОВАНИИ ОГНЕННОГО ФАКЕЛА ПРИ РАЗРЫВЕ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА

Показано, что расчет массы природного газа, участвующего в горении при пожаре на магистральном газопроводе, по методике ведомственного стандарта организации ОАО "Газпром" недостаточно детализирован, что затрудняет его выполнение в инженерной практике. Дано обоснование методики, устраняющей этот недостаток, на примере аварийного разрыва линейной части магистрального газопровода, в частности предложен порядок расчета коэффициента сжимаемости. Установлена зависимость коэффициента сжимаемости от вида химических примесей и их количественного содержания в составе природного газа с учетом термобарического состояния последнего в рабочих условиях, предшествующих моменту аварийной разгерметизации магистрального газопровода.

Ключевые слова: магистральный газопровод; пожарный риск; аварийный участок; факторы сжимаемости; коэффициент сжимаемости; масса природного газа; порядок расчета.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.48-54

Уровень пожарного риска [1] и поражающего действия пламени пожара при аварийном разрушении магистрального газопровода (МГ) [2] определяется массой газа, участвующего в горении. Однако оказалось, что действующие нормативные документы [3–5] не содержат методик расчета массы газа, поддерживающего горение факела при разрыве газопровода. Такая методика расчета массы природного газа, находящегося в аварийной секции газопровода, представлена в СТО Газпром 2-2.3-351–2009 [6], но для прямого использования она недостаточно детализирована, что делает ее не всегда строгой и затрудняет применение в расчетной практике.

Обоснование методики, устраняющей этот пробел, выполняется с учетом рекомендаций, изложен-

ных в [6]. На рисунке представлен пример схемы для расчета массы газа, поддерживающего факел при разрыве газопровода. Предполагается, что аварийный разрыв магистрального газопровода возникает посередине выбранного участка между двумя соседними компрессорными станциями КС1 и КС2, в результате чего образуются два аварийных участка: 1-й — от КС1 до точки разрыва А и 2-й — от точки разрыва А до КС2. Линейные размеры этих участков указаны на рисунке.

Для расчета приняты следующие исходные данные:

- горючее вещество — природный газ состава: метан CH_4 — 98,5 %; CO_2 — 0,5 %; N_2 — 1,0 %;
- наружный диаметр газопровода $D_n = 1420 \text{ мм} = 1,42 \text{ м}$;
- внутренний диаметр труб $d_{\text{вн}} = 1387 \text{ мм} = 1,387 \text{ м}$;
- давление нагнетания $P_n = 7,5 \text{ МПа}$;
- температура газа на входе $T_n = 283,15 \text{ К}$ ($t_n = 10^\circ \text{C}$);
- температура грунта $T_{\text{гр}} = 278,15 \text{ К}$ ($t_{\text{гр}} = 5^\circ \text{C}$).

Выражение для расчета заключенной в газопроводе массы газа с учетом его сжимаемости [7] можно получить из уравнения Менделеева – Клапейрона [8]:

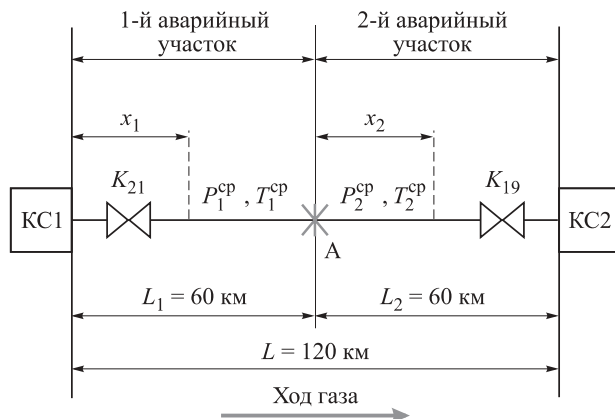
$$PV = \frac{M_r}{m_r} RTZ,$$

или

$$PV = M_r R_r TZ, \quad (1)$$

если учесть, что

$$R_r = R/m_r. \quad (2)$$



Расчетная схема: А — точка разрыва

Тогда

$$M_r = VP/(R_r TZ), \quad (3)$$

где P — давление газа в рабочих условиях, Па;

V — объем газа, заключенного в газопроводе на рассматриваемом участке длиной L (м), м³;

$$V = \pi d_{\text{вн}}^2 L / 4;$$

M_r — масса газа, кг;

m_r — молярная масса природного газа, кг/моль;

R — универсальная газовая постоянная, равная 8314 Дж/(моль·К);

T — температура газа в рабочих условиях, К;

Z — коэффициент сжимаемости газа;

R_r — удельная газовая постоянная природного газа, кг/моль.

Молярная масса [9] природного газа m_r находится как сумма атомных масс всех элементов, входящих в его состав, которые определяются по таблице Менделеева:

- метан CH_4 , доля в составе $x_{\text{CH}_4} = 0,985$:

$$m_{\text{CH}_4} = 12,011 + 1,008 \cdot 4 = 16,043 \text{ кг/моль};$$

- диоксид углерода CO_2 , доля в составе $x_{\text{CO}_2} = 0,005$:

$$m_{\text{CO}_2} = 12,011 + 16,0 \cdot 2 = 44,011 \text{ кг/моль};$$

- азот N_2 , доля в составе $x_{\text{N}_2} = 0,01$:

$$m_{\text{N}_2} = 14,007 \cdot 2 = 28,002 \text{ кг/моль},$$

где m_{CH_4} , m_{CO_2} , m_{N_2} — молярные массы соответственно метана, диоксида углерода и азота.

Исходя из долевого содержания этих элементов в природном газе (см. исходные данные), его молярная масса составит:

$$m_r = m_{\text{CH}_4} x_{\text{CH}_4} + m_{\text{CO}_2} x_{\text{CO}_2} + m_{\text{N}_2} x_{\text{N}_2}. \quad (4)$$

Подставив в (4) значения молярных масс составляющих элементов и их долевого содержания, получим:

$$m_r = 16,043 \cdot 0,985 + 44,011 \cdot 0,005 + 28,002 \cdot 0,01 = 16,302 \text{ кг/моль}.$$

Тогда удельная газовая постоянная R_r для природного газа определится из (2):

$$R_r = 8314 / 16,302 = 510,0 \text{ Дж/(кг·К)}.$$

В соответствии с рекомендациями [6] расчет массы газа выполняется по каждому аварийному участку в отдельности. С учетом этого обстоятельства формулу (3) можно развернуть следующим образом:

$$M_{r(1,2)} = \frac{L_{(1,2)} \pi d_{\text{вн}}^2 P_{(1,2)}^{\text{cp}}}{4 R_r Z_{(1,2)}^{\text{cp}} T_{(1,2)}^{\text{cp}}} \pm M_{\text{кк}(1,2)}, \quad (5)$$

где P^{cp} , T^{cp} , Z^{cp} — средние давление, температура и коэффициент сжимаемости газа на аварийных участках;

$M_{\text{кк}}$ — масса газа, нагнетаемого (знак “+”) в газопровод или откачиваемого (знак “−”) из него; 1, 2 — индекс, указывающий на отнесение параметров соответственно к 1-му и 2-му аварийным участкам.

Среднее давление P^{cp} и средняя температура T^{cp} для каждого аварийного и рассматриваемого участка в целом (P_0^{cp} , T_0^{cp}) рассчитываются по специализированным методикам [10, 11] и для дальнейших рассуждений принимаются:

$$P_1^{\text{cp}} = (6,83 \div 6,71) \text{ МПа} \approx 6,77 \text{ МПа};$$

$$P_2^{\text{cp}} = (6,18 \div 5,73) \text{ МПа} \approx 5,96 \text{ МПа};$$

$$P_0^{\text{cp}} = (6,52 \div 6,24) \text{ МПа} \approx 6,38 \text{ МПа};$$

$$T_1^{\text{cp}} = 281,77 \text{ К} (8,62 \text{ °C});$$

$$T_2^{\text{cp}} = 279,58 \text{ К} (6,41 \text{ °C});$$

$$T_0^{\text{cp}} = 280,84 \text{ К} (7,69 \text{ °C}).$$

Таким образом, для решения (5) необходимо найти параметры Z^{cp} и $M_{\text{кк}}$ для каждого участка.

Средний коэффициент сжимаемости Z^{cp} вычисляют в соответствии с ГОСТ 30319.2–96 [12] по формуле

$$Z^{\text{cp}} = z / z_c, \quad (6)$$

где z , z_c — факторы сжимаемости соответственно при рабочих и стандартных условиях.

Под рабочими условиями понимаются средние давление P^{cp} и температура T^{cp} на рассматриваемых участках газопровода. Под стандартными условиями понимаются давление P_c и температура T_c , регламентированные ГОСТ 30319.0–96 [13]: $T_c = 293,15 \text{ К}$; $P_c = 0,101325 \text{ МПа}$.

Для расчета коэффициента сжимаемости Z^{cp} принимается модифицированное уравнение состояния GERG-91 мод., рекомендованное в [12] для природных газов, содержащих 65–100 % метана CH_4 плотностью 0,668–0,700 кг/м³ в интервале температур 250–330 К и давлений до 12 МПа и не содержащих сероводород. Погрешность расчета коэффициента сжимаемости в этих диапазонах не превышает 0,11 %.

Порядок расчета может быть принят следующим.

1. Определяется фактор сжимаемости рассматриваемого природного газа при стандартных условиях по формуле, рекомендованной в [7]:

$$z_c = 1 - \left[0,0458 \sum_i k_c x_{\text{CH}_4} - 0,0022 + 0,0195 x_{\text{N}_2} + 0,075 x_{\text{CO}_2} \right]^2, \quad (7)$$

где k_c — количество атомов углерода в i -м углеводородном комплексе ($\text{C}_n \text{H}_{2n+2}$) природного газа; для метана $k_c = 1$.

Подставив в (7) долевое содержание компонентов, получим:

$$z_c = 1 - [0,0458 \cdot 1 \cdot 0,985 - 0,0022 + 0,0195 \cdot 0,01 + 0,075 \cdot 0,005]^2 = 0,9981.$$

2. Рассчитывается плотность природного газа $\rho_{c(\text{пр})}$ при стандартных условиях:

$$\rho_{c(\text{пр})} = \frac{m_{\text{пр}} P_c}{R T_c z_c} = \frac{16,302 \cdot 0,101325 \cdot 10^6}{8314 \cdot 293,15 \cdot 0,9981} = 0,679 \text{ кг/м}^3.$$

3. Определяется молярная масса эквивалентного углеводорода:

$$m_3 = (24,05525 z_c \rho_c - 28,0135 x_{N_2} - 44,01 x_{CO_2}) / x_{CH_4} = (24,05525 \cdot 0,9981 \cdot 0,679 - 28,0135 \cdot 0,01 - 44,01 \cdot 0,005) / 0,985 = 16,04294.$$

4. Определяются вспомогательные параметры H и b в уравнении состояния:

$$H = 128,64 + 47,479 m_3 = 128,64 + 47,479 \cdot 16,04294 = 890,34976; \quad (8)$$

$$b = \frac{10^3 P_0^{\text{cp}}}{2,7715 T_0^{\text{cp}}} = \frac{10^3 \cdot 6,38}{2,7715 \cdot 280,84} = 8,19685. \quad (9)$$

5. Рассчитывается фактор сжимаемости z при средних давлениях ($P_0^{\text{cp}} = 6,38$ МПа) и температуре ($T_0^{\text{cp}} = 280,84$ К):

$$z = \frac{1 + A_2 + A_1/A_2}{3}, \quad (10)$$

$$\text{где } A_2 = [A_0 - (A_0^2 - A_1^3)^{0,5}]^{1/3}; \quad (11)$$

$$A_0 = 1 + 1,5(B_0 + C_0); \quad (12)$$

$$A_1 = 1 + B_0; \quad (13)$$

$$B_0 = b B_m; \quad (14)$$

$$C_0 = b^2 C_m. \quad (15)$$

5.1. Определяется параметр B_m :

$$B_m = x_{CH_4}^2 B_1 + x_{CH_4} x_{N_2} B^* (B_1 + B_2) - 1,73 x_{CH_4} x_{CO_2} (B_1 B_2)^{0,5} + x_{N_2}^2 B_2 + 2 x_{N_2} x_{CO_2} B_{23} + x_{CO_2}^2 B_3. \quad (16)$$

Здесь:

$$B_1 = -0,425468 + 2,865 \cdot 10^{-3} T_0^{\text{cp}} - 4,62073 \cdot 10^{-6} (T_0^{\text{cp}})^2 + [8,77118 \cdot 10^{-4} - 5,56281 \cdot 10^{-6} T_0^{\text{cp}} + 8,8151 \cdot 10^{-9} (T_0^{\text{cp}})^2] H + [-8,24747 \cdot 10^{-7} + 4,31436 \cdot 10^{-9} T_0^{\text{cp}} - 6,08319 \cdot 10^{-12} (T_0^{\text{cp}})^2] H^2; \quad (17)$$

$$B_2 = -0,1446 + 7,4091 \cdot 10^{-4} T_0^{\text{cp}} - 9,1195 \cdot 10^{-7} (T_0^{\text{cp}})^2; \quad (18)$$

$$B_{23} = -0,339693 + 1,61176 \cdot 10^{-3} T_0^{\text{cp}} - 2,04429 \cdot 10^{-6} (T_0^{\text{cp}})^2; \quad (19)$$

$$B_3 = -0,86834 + 4,0376 \cdot 10^{-3} T_0^{\text{cp}} - 5,1657 \cdot 10^{-6} (T_0^{\text{cp}})^2; \quad (20)$$

$$B^* = 0,72 + 1,875 \cdot 10^{-5} (320 - T_0^{\text{cp}})^2. \quad (21)$$

После подстановки в формулы (17)–(21) соответствующих значений T_0^{cp} и H , получим: $B_1 = -0,04993$; $B_2 = -0,00845$; $B_3 = -0,14184$; $B_{23} = -0,04828$; $B^* = 0,74875$.

Тогда параметр уравнения состояния B_m составит:

$$B_m = 0,985^2 \cdot (-0,04993) + 0,985 \cdot 0,01 \cdot 0,74875 \cdot [(-0,04993) + (-0,00845)] - 1,73 \cdot 0,985 \cdot 0,005 \cdot [(-0,04993) (-0,14184)]^{0,5} + 0,01^2 \cdot (-0,00845) + 2 \cdot 0,01 \cdot 0,005 \cdot (-0,04828) + 0,005 \cdot (-0,14184) = 0,04960.$$

5.2. Определяется параметр уравнения состояния C_m :

$$C_m = x_{NH_4}^3 C_1 + 3 x_{NH_4}^2 x_{N_2} C^* (C_1^2 C_2)^{1/3} + 2,76 x_{NH_4}^2 x_{CO_2} (C_1^2 C_3)^{1/3} + 3 x_{NH_4} x_{N_2}^2 C^* (C_1 C_2^2)^{1/3} + 6,6 x_{CH_4} x_{N_2} x_{CO_2} (C_1 C_2 C_3)^{1/3} + 2,76 x_{NH_4} x_{CO_2} (C_1 C_3^2)^{1/3} + x_{N_2}^3 C_2 + 3 x_{N_2}^2 x_{CO_2} C_{223} + 3 x_{N_2} x_{CO_2}^2 C_{233} + x_{CO_2}^3 C_3. \quad (22)$$

Здесь:

$$C_1 = -0,302488 + 1,955861 \cdot 10^{-3} T_0^{\text{cp}} - 3,16302 \cdot 10^{-6} (T_0^{\text{cp}})^2 + [6,46422 \cdot 10^{-4} - 4,22876 \cdot 10^{-6} T_0^{\text{cp}} + 6,88157 \cdot 10^{-9} (T_0^{\text{cp}})^2] H + [-3,32805 \cdot 10^{-7} + 2,2316 \cdot 10^{-9} T_0^{\text{cp}} - 3,67713 \cdot 10^{-12} (T_0^{\text{cp}})^2] H; \quad (23)$$

$$C_2 = 7,8498 \cdot 10^{-3} - 3,9895 \cdot 10^{-5} T_0^{\text{cp}} + 6,1187 \cdot 10^{-8} (T_0^{\text{cp}})^2; \quad (24)$$

$$C_3 = 2,0513 \cdot 10^{-3} - 3,4888 \cdot 10^{-5} T_0^{\text{cp}} - 8,3703 \cdot 10^{-8} (T_0^{\text{cp}})^2; \quad (25)$$

$$C_{223} = 5,52066 \cdot 10^{-3} - 1,68609 \cdot 10^{-5} T_0^{\text{cp}} + 1,57169 \cdot 10^{-8} (T_0^{\text{cp}})^2; \quad (26)$$

$$C_{233} = 3,58783 \cdot 10^{-3} + 8,06674 \cdot 10^{-6} T_0^{\text{cp}} - 3,25798 \cdot 10^{-8} (T_0^{\text{cp}})^2; \quad (27)$$

$$C^* = 0,92 + 0,0013(T_0^{\text{cp}} - 270). \quad (28)$$

Подставив в формулы (23)–(28) значения T_0^{cp} и H , получим: $C_1 = 0,00259$; $C_2 = 0,00147$; $C_3 = -0,01435$; $C_{223} = 0,00203$; $C_{233} = 0,00328$; $C^* = 0,93409$.

Тогда параметр уравнения состояния C_m составит:

$$C_m = 0,985^3 \cdot 0,00259 + \\ + 3 \cdot 0,985^2 \cdot 0,01 \cdot 0,93409 \cdot (0,00259^2 \cdot 0,00147)^{1/3} + \\ + 2,76 \cdot 0,985^2 \cdot 0,005 \cdot [0,00259^2 \cdot (-0,01435)]^{1/3} + \\ + 3 \cdot 0,985 \cdot 0,01^2 \cdot 0,93409 \cdot (0,00259 \cdot 0,00147^2)^{1/3} + \\ + 6,6 \cdot 0,985 \cdot 0,01 \cdot 0,005 \cdot [0,00259 \cdot 0,00147 \times \\ \times (-0,01435)]^{1/3} + 2,76 \cdot 0,985 \cdot 0,005 \times \\ \times [0,00259 \cdot (-0,01435)^2]^{1/3} + 0,01^3 \cdot 0,00147 + \\ + 3 \cdot 0,01^2 \cdot 0,005 \cdot 0,00203 + 3 \cdot 0,01 \cdot 0,005^2 \cdot 0,00328 + \\ + 0,005^3 \cdot (-0,01435) = 0,00307.$$

5.3. Вычисляются вспомогательные коэффициенты по формулам (11)–(15):

$$C_0 = 8,19685^2 \cdot 0,00307 = 0,20629; \\ B_0 = 8,19685 \cdot (-0,04960) = -0,40659; \\ A_0 = 1 + 1,5 \cdot [(-0,40659) + 0,20629] = 0,69955; \\ A_1 = 1 + (-0,40659) = 0,59341; \\ A_2 = [0,69955 - (0,69955^2 - 0,59341^3)^{0,5}]^{1/3} = \\ = 0,55398.$$

5.4. Вычисляется фактор сжимаемости z газа в рабочих условиях по формуле (10):

$$z = (1 + 0,55398 + 0,59341/0,55398)/3 = 0,87505.$$

6. Далее по формуле (6) определяется коэффициент сжимаемости Z^{cp} для природного газа в заданных рабочих условиях:

$$Z^{cp} = z/z_c = 0,87505/0,9981 = 0,8767.$$

Далее определяется значение массы газа M_{kc} , нагнетаемого в газопровод или откачиваемого из него на аварийных участках за время с момента разрушения газопровода до перекрытия линейных кранов $t_{л}$ (мин). Это время находится в соответствии с рекомендациями [6]:

$$t_{л} = t_{защ} + t_{пр.реш} + t_{а/п}, \quad (29)$$

где $t_{защ}$ — время срабатывания защиты; $t_{защ} = 2,5$ мин;
 $t_{пр.реш}$ — время на принятие решения; $t_{пр.реш} = 2,0$ мин;

$t_{а/п}$ — время на автоматическое перекрытие кранов; $t_{а/п} = 1,5$ мин.

Подставив в (29) значения входящих в него параметров, получим:

$$t_{л} = 2,5 + 2 + 1,5 = 6 \text{ мин.}$$

Тогда масса газа M_{kc} , нагнетаемого в газопровод или откачиваемого из него за время $t_{л}$, составит:

$$M_{kc} = G t_{л}, \quad (30)$$

где G — массовый расход газа, кг/с;

$$G = Q_{год} \rho_n / t_n; \quad (31)$$

$Q_{год}$ — годовая производительность газопровода; для рассматриваемого случая в соответствии с [14] $Q_{год} = (28,4 \div 34,7) \cdot 10^9 \text{ м}^3/\text{год}$;

ρ_n — плотность газа в нормальных условиях ($T_n = 273,15 \text{ К}$; $P_n = 0,101325 \cdot 10^6 \text{ МПа}$); определяется в соответствии с рекомендациями [7] по формуле

$$\rho_n = \frac{m_{пр} P_n}{R T_n z_c} = \frac{16,302 \cdot 0,101325 \cdot 10^6}{8314 \cdot 273,15 \cdot 0,9981} = \\ = 0,729 \text{ кг/м}^3;$$

t_n — пересчетный временной коэффициент;
 $t_n = 31,536 \cdot 10^6$.

В этом случае

$$G = (28,4 \div 34,7) \cdot 10^9 \cdot 0,702 / (31,536 \cdot 10^6) = \\ = 656,51 \div 802,14 \text{ кг/с.}$$

Отсюда

$$M_{kc} = (656,51 \div 802,14) \cdot 6 \cdot 60 = (0,236 \div 0,289) \cdot 10^6 \text{ кг.}$$

Теперь можно определить массу газа $M_{г(1)}$ по формуле (5), содержащегося в газопроводе на 1-м аварийном участке до отсечения линейных кранов, при среднем давлении нагнетания $P_1^{cp} = (6,83 \div 6,71) \text{ МПа}$:

$$M_{г(1)} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 1,387^2 \cdot (6,83 \div 6,71) \cdot 10^6}{4 \cdot 510 \cdot 0,8767 \cdot 281,77} + \\ + (0,236 \div 0,289) \cdot 10^6 = (5,15 \div 5,11) \cdot 10^6 \approx 5,13 \cdot 10^6 \text{ кг.}$$

Остаточная масса газа на 1-м аварийном участке после снижения давления до атмосферного ($P_{ат} = 0,1013 \text{ МПа}$) составит:

$$M_{ост(1)} = \frac{M_{г(1)}}{P_1^{cp}} P_{ат} = \frac{5,13 \cdot 10^6}{(6,83 \div 6,71) \cdot 10^6} \cdot 0,1013 \cdot 10^6 = \\ = (0,076 \div 0,077) \cdot 10^6 \approx 0,08 \cdot 10^6 \text{ кг.}$$

Тогда масса газа, участвующего в поддержании горения $M_{гор(1)}$ на 1-м аварийном участке, определится как

$$M_{гор(1)} = M_{г(1)} - M_{ост(1)} = \\ = (5,13 - 0,08) \cdot 10^6 = 5,05 \cdot 10^6 \text{ кг.}$$

Масса газа $M_{г(2)}$, находящегося в газопроводе на 2-м аварийном участке с учетом откачки части газа M_{kc} до отсечения линейных кранов, определится из выражения [6]:

$$M_{г(2)} = \frac{L_2 \pi d_{ап}^2 P_2^{cp}}{4 R Z^{cp} T_2^{cp}} - M_{kc(2)}, \quad (32)$$

где $M_{kc(2)}$ — масса газа, откачиваемого со 2-го аварийного участка газопровода до отсечения линейных кранов.

Подставив в формулу (32) значения параметров, получим:

$$M_{Г(2)} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 1,387^2 \cdot (6,13 \div 5,73) \cdot 10^6}{4 \cdot 510,0 \cdot 0,8767 \cdot 279,58} - (0,236 \div 0,289) \cdot 10^6 = (4,24 \div 3,86) \cdot 10^6 \text{ кг.}$$

Остаточная масса газа на 2-м аварийном участке после снижения давления до атмосферного ($P_{ат} = 0,1013 \text{ МПа}$)

$$M_{ост(2)} = \frac{M_{Г(2)}}{P_2^{ср}} P_{ат} = \frac{(4,24 \div 3,86) \cdot 10^6}{(6,18 \div 5,73) \cdot 10^6} \cdot 0,1013 \cdot 10^6 = (0,070 \div 0,068) \cdot 10^6 \approx 0,07 \cdot 10^6 \text{ кг.}$$

Тогда масса газа, участвующего в поддержании пламени горения $M_{гор(2)}$ на 2-м аварийном участке, составит:

$$M_{гор(2)} = M_{Г(2)} - M_{ост(2)} = (4,24 \div 3,86) \cdot 10^6 - 0,007 \cdot 10^6 = (4,17 \div 3,79) \cdot 10^6 \approx 3,98 \cdot 10^6 \text{ кг.}$$

Таким образом, общая масса газа, поддерживающего горение факела при разрыве магистрального газопровода, для рассматриваемого случая определится как:

$$M_{Г}^{общ} = M_{гор(1)} + M_{гор(2)} = 5,05 \cdot 10^6 + 3,98 \cdot 10^6 = 9,03 \cdot 10^6 \text{ кг} = 9030 \text{ т.}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касьяненко А. А., Михайличенко К. Ю. Анализ риска техногенных систем. — М. : РУДН, 2008. — 188 с.
2. Лисанов М. В., Савина А. В., Дегтярев Д. В., Самусева Е. А. Анализ российских и зарубежных данных по аварийности на объектах трубопроводного транспорта // Безопасность труда в промышленности. — 2010. — № 7. — С. 16–22.
3. ГОСТ Р 12.3.047–2012. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. — Введ. 27.12.2012. URL: <http://vse gost.com/Catalog/54/54765.shtml> (дата обращения: 10.01.2015).
4. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах : приложение к приказу МЧС РФ от 10.07.2009 № 404 (с изм.: приказ МЧС РФ от 14.12.2010 № 649). URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 10.01.2015).
5. РД 03-409–01. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливозвоздушных смесей (с изм. и доп.) : постановление Госгортехнадзора РФ от 26.06.2001 № 25; введ. 26.06.2001. — М. : НТЦ “Промышленная безопасность”, 2001. — 24 с.
6. СТО Газпром 2-2.3-351–2009. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО “Газпром”. — Введ. 30.12.2009. — М. : ОАО Газпром, 2009. — 377 с.
7. ГОСТ 30319.1–96. Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение физических свойств природного газа, его компонентов и продуктов его переработки. — Введ. 01.07.1997. — Минск : Госстандарт РФ, 1996. — 20 с.
8. Стромберг А. Г., Семченко Д. П. Физическая химия : учебник для хим. специальностей вузов / Под ред. А. Г. Стромберга. — 7-е изд. стер. — М. : Высшая школа, 2009. — 527 с.
9. Slebanh W. H., Parsons T. D. General chemistry. — New York – London – Toronto : John Wiley & Sons, Inc., 1976. — 550 p.
10. Быков А. И. Определение параметра среднего давления газа на участке магистрального газопровода // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 1. — С. 49–54.
11. Быков А. И. Определение средней температуры газа на аварийном участке магистрального газопровода // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 6. — С. 43–50.
12. ГОСТ 30319.2–96. Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение коэффициента сжимаемости. — Введ. 01.07.1997. — Минск : Госстандарт РФ, 1996. — 71 с.
13. ГОСТ 30319.0–96. Газ природный. Методы расчета физических свойств. Общие положения. — Введ. 01.07.1997. — Минск : Госстандарт РФ, 1996. — 8 с.
14. Белицкий В. Д., Ломов С. М. Проектирование и эксплуатация магистральных газопроводов. — Омск : ОмГТУ, 2011. — 62 с.

Материал поступил в редакцию 27 января 2015 г.

Для цитирования: Быков А. И. Методика оценки массы природного газа, участвующего в образовании огненного факела при разрыве магистрального газопровода // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 9. — С. 48–54. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.48-54.

METHOD OF ESTIMATING OF THE NATURAL GAS MASS INVOLVED IN THE FORMATION OF A FIERY TORCH AT BREAK OF THE MAIN PIPELINE

BYKOV A. I., Leading Engineer of Fire Safety Service,
LLC "Gazprom transgaz Ukhta" (Lenina Avenue, 39/2,
Ukhta, 169300, Komi Republic, Russian Federation;
e-mail address: abykov@sgp.gazprom.ru)

ABSTRACT

Calculate the mass of natural gas M_r contained in a limited section of the main pipeline (MP) when the emergency break with time-sensitive cut-off line of cranes, confining the accident area, is an important parameter in evaluating the loss of gas in the accident. In addition, fire, its heat output and burning time flame torch are estimated and forecasted by this parameter. However, existing techniques are not sufficiently detailed. And author has not found the methods of system calculation of this parameter in the current methodological and normative documents.

Despite the apparent simplicity of the problem, the analysis showed that the parameter M_r depends primarily on the calculation of the average temperature of T^{cp} , medium pressure P^{cp} rely on specialized techniques, which, in turn, include more than two dozen parameters that characterize the state of a gas in terms of its transport and depressurization of the pipeline, and Z^{cp} — compressibility factor for each emergency site, the length of the section of the pipeline L and the inner diameter of the pipe d_{BH} . Calculations of other parameters recommended by the standard methods are complex, three-dimensional and routine, require access to specialized software products that are not available in the current engineering activity. It introduces uncertainty in the choice of the calculation scheme and is accompanied by the production of different calculation results.

The rationale for this method of calculating the mass of natural gas M_r involved in maintaining a burning torch in case of emergency break MP, the subject of this article.

Keywords: gas main fire risk; emergency section; factors of compressibility; coefficient of compressibility; mass of natural gas; calculation procedure.

REFERENCES

1. Kasyanenko A. A., Mikhaylichenko K. Yu. *Analiz riska tekhnogennykh system* [Analysis of the risk of man-made systems]. Moscow, People's Friendship University of Russia Publ., 2008. 188 p.
2. Lisanov M. V., Savina A. V., Degtyarev D. V., Samuseva E. A. *Analiz rossiyskikh i zarubezhnykh daniykh po avariynosti na ob'yektakh truboprovodnogo transporta* [Russian and Western pipelines accident data analysis]. *Bezopasnost truda v promyshlennosti — Occupational Safety in Industry*, 2010, no. 7, pp. 16–22.
3. National standard of the Russian Federation 12.3.047–2012. Fire safety of technological processes. General requirements. Methods of control. Available at: <http://vsegost.com/Catalog/54/54765.shtml> (Accessed 10 January 2015) (in Russian).
4. The methodology for determining the estimated values of fire risk at the production facilities. Annex to order of Emercom of Russia on 10.07.2009 No. 404. Available at: <http://www.consultant.ru> (Accessed 10 January 2015) (in Russian).
5. *Guidance document 03-409-01. A method of estimating the effects of accidental explosions of fuel-air mixtures*. Moscow, NTTs Promyshlennaya bezopasnost Publ., 2001. 24 p. (in Russian).
6. *Standard of organization Gazprom 2-2.3-351-2009. Guidelines for conducting risk analysis of hazardous production facilities gas transmission companies of JSC "Gazprom"*. Moscow, JSC Gazprom Publ., 2009. 377 p. (in Russian).
7. *Interstate standard 30319.1-96. Natural gas. Methods of calculation of physical properties. Definition of physical properties of natural gas, its components and processing products*. Minsk, Federal Agency on Technical Regulating and Metrology Publ., 1996. 20 p. (in Russian).
8. Stromberg A. G., Semchenko D. P. *Fizicheskaya khimiya* [Physical chemistry]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2009. 527 p.
9. Slebanh W. H., Parsons T. D. *General chemistry*. New York – London – Toronto, John Wiley & Sons, Inc., 1976. 550 p.

10. Bykov A. I. Opredeleniye parametra srednego davleniya gaza na uchastke magistralnogo gazoprovoda [Parameter definition of the average gas pressure in the section of the pipeline]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 1, pp. 49–54.
11. Bykov A. I. Opredeleniye sredney temperatury gaza na avariynom uchastke magistralnogo gazoprovoda [Determination of the average gas temperature in the emergency section of the main pipeline]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 6, pp. 43–50.
12. Interstate standard 30319.2–96. Natural gas. Methods of calculation of physical properties. Definition of compressibility coefficient. Minsk, Federal Agency on Technical Regulating and Metrology Publ., 1996. 71 p. (in Russian).
13. Interstate standard 30319.0–96. Natural gas. Methods of calculation of physical properties. General. Minsk, Federal Agency on Technical Regulating and Metrology Publ., 1996. 8 p. (in Russian).
14. Belitskiy V. D., Lomov S. M. *Proyektirovaniye i ekspluatatsiya magistralnykh gazoprovodov* [The design and operation of gas pipelines]. Omsk, Omsk University Publ., 2011. 62 p.

For citation: Bykov A. I. Metodika otsenki massy prirodnogo gaza, uchastvuyushchego v obrazovanii ognennogo fakela pri razryve magistralnogo gazoprovoda [Method of estimating of the natural gas mass involved in the formation of a fiery torch at break of the main pipeline]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 9, pp. 48–54. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.48-54.



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 этих 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.

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

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

Е. И. КАЙБИЧЕВА, главный специалист, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Свердловской области "Свердловскстат" (Россия, 620041, г. Екатеринбург, ул. Толмачева, 23)

УДК 519.25

ВСЕМИРНЫЙ ИНДЕКС ЧИСЛА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ПОЖАРНЫХ

Предложена методика ранжирования стран по числу профессиональных пожарных. Разработан индекс числа профессиональных пожарных в мире как среднее из показателей для 20 стран с наибольшей численностью противопожарной службы. Выделены группы стран с удовлетворительной и с благополучной обстановкой. Показано, что предложенный индекс числа профессиональных пожарных может быть основой для управления и принятия решений аналогично тому, как индекс Доу-Джонса используется в экономике и финансах. Сделан вывод, что индекс числа профессиональных пожарных в мире позволит обосновывать численность противопожарных служб в Евросоюзе и других государствах, а также перспективы координации в рамках ООН.

Ключевые слова: статистика; пожар; противопожарная служба; индекс Доу-Джонса; индекс числа профессиональных пожарных в мире; категорирование стран.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.55-58

Статистика пожаров в мире является одним из актуальных направлений развития современной науки, и ей посвящено достаточно большое число исследований [1–8]. Данные по числу пожаров, количеству жертв и численности противопожарных служб в разных странах мира приводятся в обзоре Центра пожарной статистики КТИФ (Center of Fire Statistics — CTIF) [9].

Число профессиональных пожарных является одним из важных показателей статистики пожаров. Данный показатель отражает уровень развития противопожарной службы конкретной страны. Недостаток существующих методов исследования в статистике пожаров заключается в отсутствии методики ранжирования стран по количеству профессиональных пожарных. Разработка такой методики даст возможность устанавливать критерии выделения группы стран с достаточно большим числом профессиональных пожарных и лидирующей группы стран, в которой численность профессиональной противопожарной службы превышает средний показатель. Это позволит регулировать численность противопожарных служб в странах Евросоюза, а также в государствах, не входящих в ЕС.

В экономике и финансах для оценки состояния активно используется индекс Доу-Джонса [10]. Возможность использования аналогичного подхода для оценки пожарной опасности уже была показана в работах [11–15].

Методика расчета индекса числа профессиональных пожарных достаточно проста. На первом этапе страны ранжируются в порядке убывания числа профессиональных пожарных. Затем из списка отбираются 20 стран с максимальными значениями данного показателя, которые и формируют листинг расчета индекса числа профессиональных пожарных в мире (см. таблицу). Они образуют первую категорию стран, которая считается в дальнейшем благополучной. Численность пожарных служб этих стран составляет 94,99 % от общего числа профессиональных пожарных в мире за 2009 г.

Индекс числа профессиональных пожарных рассчитывается путем усреднения показателей стран, попавших в листинг. Предложенная методика выделения благополучной группы позволяет четко определить страны, в которых комплектованию противопожарной службы уделяется достаточное внимание.

Кроме того, в группе благополучных стран, вошедших в листинг, можно выделить вторую категорию — лидирующую (в таблице выделена фоном). Лидирующая группа не имеет заранее заданного числа членов: оно может меняться в зависимости от ситуации. По данным за 2009 г. на долю США, России, Японии и Китая приходилось 74,94 % от числа профессиональных пожарных 20 стран, попавших в листинг (см. таблицу).

В итоге исследования предложен индекс числа профессиональных пожарных в мире. Выполнен его

Листинг расчета индекса числа профессиональных пожарных в 2009 г.

№ п/п	Страна	Число пожарных	№ п/п	Страна	Число пожарных
1	США	323 350	11	Чехия	12 044
2	Россия	280 000	12	Беларусь	11 802
3	Япония	154 020	13	Иран	9285
4	Китай	130 000	14	Греция	9124
5	Германия	40 918	15	Венгрия	9108
6	Соединенное Королевство	40 100	16	Малайзия	8928
7	Франция	38 800	17	Тайвань	8180
8	Румыния	30 925	18	Болгария	6569
9	Польша	30 071	19	Бельгия	5519
10	Италия	30 000	20	Нидерланды	5424
Индекс численности профессиональных пожарных					59 208

расчет по известным данным за 2009 г. Выделены благополучная и лидирующая группы стран. Установлено, что полученные результаты могут быть

полезны для формирования национальных мероприятий по определению численности профессиональных пожарных в различных странах мира.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Karter M. J., Jr. Fire loss in the United States during 2010. // NFPA No. (REV) FLX10-02. — Quincy, MA : NFPA Fire Analysis and Research, September 2011. — 43 p.
2. Karter M. J., Jr. Fire loss in the United States during 2010 // NFPA Journal. — September/October 2011. URL: <http://www.nfpa.org/newsandpublications/nfpa-journal/2011/september-october-2011/features/fire-loss-in-the-united-states-during-2010> (дата обращения: 10.07.2015).
3. Fahy R. F., LeBlanc P. R., Molis J. L. Firefighter Fatalities in the United States-2010 // NFPA No. FFD10-01. — Quincy, MA : NFPA Fire Analysis and Research, June 2011. — 33 p.
4. Karter M. J., Jr., Molis J. L. U.S. Firefighter Injuries-2010 // NFPA No. FFI10. — Quincy, MA : NFPA Fire Analysis and Research, October 2011. — 30 p.
5. World Fire Statistics // Information Bulletin of the World Fire Statistics Center. Geneva Association Information Newsletter, No. 26, October 2011. — 10 p.
6. Les Statistiques des Services d'Incendie et de Secours. Edition 2011. — 17 p.
7. Statistica Del CoproNazionale Dei Vigili Del Fuoco. Arrea Telecomunicazioni Statistica, 2010. — 148 p.
8. The Singapore Civil Defence Force. Annual Report, 2011. — 64 p.
9. Brushlinsky N. N., Hall J. R., Sokolov S. V., Wagner I. P. World fire statistics // Report No. 17. International Association of Fire and Rescue Services, Center of Fire Statistics, 2012. — 65 p.
10. O'Sullivan A., Sheffrin S. M. Economics: Principles in Action. — Boston : Pearson Prentice Hall, 2007. — 609 p.
11. Кайбичев И. А. Аналоги индекса Доу-Джонса в статистике пожаров // Актуальные проблемы обеспечения безопасности в Российской Федерации : V Всероссийская научно-практическая конференция (26 октября 2011 г.). — Екатеринбург : УрИ ГПС МЧС России, 2011. — Ч. 1. — С. 104–109.
12. Кайбичева Е. И., Кайбичев И. А. Индекс пожарной опасности в сельской местности Российской Федерации в 2006–2011 годах // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. — 2013. — № 2. — С. 58–62.
13. Кайбичева Е. И., Кайбичев И. А. Индекс числа лесных пожаров в Российской Федерации за 2006–2010 годы // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 5. — С. 45–51.
14. Kaibichev I. A., Kaibicheva E. I. Fire number index in rural terrain in Russian Federation for 2006–2010 years // Safety Engineering in Function of Improvement of the Working Conditions : Proceedings. Ohrid, 10–12 May 2013. — Republic of Makedonia, "St. Cyril and Methodius" University in Skopje, Faculty of Mechanical Engineering, Ohrid, 2013. — P. 136–140.
15. Kaibicheva E. I., Kaibichev I. A. Index numbers of those killed in fires in rural areas of the Russian Federation in the 2006–2010 period // Facta Universitatis. Series: Working and Living Environmental Protection. — 2013. — Vol. 10, No. 2. — P. 93–98.

Материал поступил в редакцию 17 июля 2015 г.

Для цитирования: Кайбичев И. А., Кайбичева Е. И. Всемирный индекс числа профессиональных пожарных // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 9. — С. 55–58. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.55-58.

INDEX OF PROFESSIONAL FIREMAN NUMBER IN WORLD

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

KAIBICHEVA E. I., Heard Specialist, Territorial Organ of the Federal Service of the State Statistics on Sverdlovsk area "Sverdlovskstat" (Tolmacheva St., 32, Yekaterinburg, 620041, Russian Federation)

ABSTRACT

One of the problems of the fire statistics is an absence of indexes, showing situation with number of professional fireman in the world and allowing produce partition a region on groups satisfactory and successful. Given problem can be solved on base of the use of the Dow Jones Average method. The Dow Jones Average is famous indicator of the condition of the economy and stock market. In article it is offered enter index of the number professional fireman in world on base of the approach Dow Jones Average. In scheme of the calculation the index of professional fireman number role industrial corporation is played by the countries of world. After ranking countries on number of professional fireman we shall select 20 the countries in order of the decrease since maximum amount. These countries form the listing of the calculation of the index. The index of professional fireman number is defined by averaging given on countries, trapped in the listing. The regions, in which magnitude of number of professional fireman is higher the index values, form the successful group. In work there are executed calculations of the index of professional fireman number for 2009 year in the world. There are highlighted regions, trapped in the listing, as well as certain regions with successful situation. The offered index of professional fireman number can be a basis to taking management and trained decisions similarly that as Dow Jones Average is used in economy and finance.

Keywords: statistics; fire; fire-prevention service; Dow Jones Average; index of professional fireman number in world; countries categories.

REFERENCES

1. Karter M. J., Jr. *Fire loss in the United States during 2010*. NFPA No. (REV) FLX10-02. Quincy, MA, NFPA Fire Analysis and Research, September 2011. 43 p.
2. Karter M. J., Jr. *Fire loss in the United States during 2010*. NFPA Journal, September/October 2011. Available at: <http://www.nfpa.org/newsandpublications/nfpa-journal/2011/september-october-2011/features/fire-loss-in-the-united-states-during-2010> (Accessed 10 July 2015).
3. Fahy R. F., LeBlanc P. R., Molis J. L. *Firefighter Fatalities in the United States-2010*. NFPA No. FFD10-01. Quincy, MA, NFPA Fire Analysis and Research, June 2011. 33 p.
4. Karter M. J., Jr., Molis J. L. *U.S. Firefighter Injuries-2010*. Quincy, MA, NFPA Fire Analysis and Research, October 2011. 30 p.
5. *World Fire Statistics. Information Bulletin of the World Fire Statistics Center*. Geneva Association Information Newsletter, No. 26, October 2011. 10 p.
6. *Les Statistiques des Services d'Incendie et de Secours*. Edition 2011. 17 p.
7. *Statistica Del CoproNazionale Dei Vigili Del Fuoco*. Arrea Telecomunicazioni Statistica, 2010. 148 p.
8. *The Singapore Civil Defence Force. Annual report*, 2011. 64 p.
9. Brushlinsky N. N., Hall J. R., Sokolov S. V., Wagner I. P. *World fire statistics. Report No. 17*. International Association of Fire and Rescue Services, Center of Fire Statistics, 2012. 65 p.
10. O'Sullivan A., Sheffrin S. M. *Economics: Principles in Action*. Boston, Pearson Prentice Hall, 2007. 609 p.

11. Kaibichev I. A. Analogi indeksa Dou-Dzhonsa v statistike pozharov [Analogues of the Dow Jones Index in fire statistics]. *Aktualnyye problemy obespecheniya bezopasnosti v Rossiyskoy Federatsii: V Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya (26 oktyabrya 2011)* [Actual Problems of Safety Provision in the Russian Federation. V All-Russian Scientific Conference, 26 October 2011]. Yekaterinburg, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia Publ., 2011, part 1, pp. 104–109.
12. Kaibicheva E. I., Kaibichev I. A. Indeks pozharnoy opasnosti v selskoy mestnosti Rossiyskoy Federatsii v 2006–2011 godakh [Fire hazard index in rural areas of the Russian Federation in 2006–2011 years]. *Pozhary i chrezvychaynyye situatsii: predotvrashcheniye, likvidatsiya — Fire and Emergencies: Prevention, Elimination*, 2013, no. 2, pp. 58–62.
13. Kaibicheva E. I., Kaibichev I. A. Indeks chisla lesnykh pozharov v Rossiyskoy Federatsii za 2006–2010 gody [Forest fires number index in Russian Federation in 2006–2010 years]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 5, pp. 45–51.
14. Kaibichev I. A., Kaibicheva E. I. Fire number index in rural terrain in Russian Federation for 2006–2010 years. In: *Safety Engineering in Function of Improvement of the Working Conditions*, Proceedings, Ohrid, 10–12 May 2013. Republic of Makedonia, “St. Cyril and Methodius” University in Skopje, Faculty of Mechanical Engineering, Ohrid, 2013, pp. 136–140.
15. Kaibicheva E. I., Kaibichev I. A. Index numbers of those killed in fires in rural areas of the Russian Federation in the 2006–2010 period. *Facta Universitatis. Series: Working and Living Environmental Protection*, 2013, vol. 10, no. 2, pp. 93–98.

For citation: Kaibichev I. A., Kaibicheva E. I. Vsemirnyy indeks chisla professionalnykh pozharnykh [Index of professional fireman number in world]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 9, pp. 55–58. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.55-58.



ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ КЕВЛАРОВЫЕ ПЕРЧАТКИ ПОМОГУТ ПОЖАРНЫМ

После нескольких лет интенсивных совместных исследований компании NanoSonic и ShelbyGlove разработали специальные защитные жаропрочные перчатки для пожарных.

В результате получилось изделие, устойчивое не только к высокой температуре, но и к воде. Благодаря большей пластичности, работать в таких перчатках пожарным стало значительно легче и удобней.

Перчатки изготовлены из уникального наноматериала — гибрида на кевларовой основе, используемого в производстве бронежилетов. Перчатки имеют трехслойную структуру, что дает возможность защитить руки пожарных от проколов и порезов, опасность которых при пожарах возрастает.

После серии испытаний в прошлом году, проведенных Национальным управлением противопожарной защиты, изделия получили соответствующий сертификат и были рекомендованы к использованию.

Пожарные оценили новые перчатки в пяти номинациях — ловкости, правильной посадки, тепловой защиты, тепловыделения и в удобстве их одевания и снятия. После прохождения каждого теста они сообщали разработчикам все свои замечания и пожелания, которые будут впоследствии учтены.

<http://www.techcult.ru/gadgets/2393-kevlarovye-perchatki>

А. С. ПЕРЕВАЛОВ, канд. техн. наук, заместитель начальника кафедры специальных дисциплин, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: pas_ural@mail.ru)

С. А. БАРАКОВСКИХ, канд. техн. наук, начальник кафедры пожарной тактики и службы, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: bar0381@yandex.ru)

Е. А. КАРАМА, канд. пед. наук, заместитель начальника кафедры пожарной тактики и службы, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22)

А. Ю. АКУЛОВ, канд. техн. наук, начальник адъюнктуры, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22)

М. П. ДАЛЬКОВ, д-р геогр. наук, профессор кафедры пожарной тактики и службы, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22)

О. А. МОКРОУСОВА, д-р пед. наук, начальник кафедры пожарной безопасности в строительстве, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22)

УДК 614.842.8

СУЩНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ ПРИ РАБОТЕ НА НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

Рассматривается сущность управления подразделениями пожарной охраны при их работе на нефтегазовом комплексе. Приведен цикл управления, который представляет собой последовательность действий от получения информации и ее всесторонней обработки до контроля результатов управления и коррекции принятого решения. Отмечены особенности этапа выработки решения. Установлены основные функциональные блок-схемы принятия решения.

Ключевые слова: нефтегазовый комплекс; управление; подразделения пожарной охраны; руководитель; решение.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.59-66

Нефтегазовый комплекс (НГК) играет важнейшую роль в современной экономике как Российской Федерации, так и мира в целом. В России топливно-энергетический комплекс, одной из самых важных составляющих которого является НГК, обеспечивает четверть производства ВВП, треть объема промышленного производства и доходов федерального бюджета, экспорта и валютных поступлений. На долю России приходится 4,6 % мировых доказанных запасов нефти и 30,7 % объема мировых запасов газа, а по добыче этих ресурсов наша страна занимает лидирующее положение в мире [1].

Одной из приоритетных сфер научной деятельности МЧС Уральского регионального центра является обеспечение пожарной безопасности на нефтегазовом комплексе [2]. Этапы развития и многочисленные примеры использования методов тушения нефтепродуктов приведены в работах [3–5].

Для выявления направлений совершенствования подразделений пожарной охраны (ППО) при обеспечении пожарной безопасности НГК необходимо

разобраться в первую очередь с механизмом управления ими, определить предъявляемые к ним требования.

Оказание помощи людям в чрезвычайной ситуации природного и техногенного характера (далее — ЧС), ведение работ по смягчению ее последствий является целевой задачей поисково-спасательных формирований МЧС России, в частности подразделений пожарной охраны [6, 7].

Сущность управления ППО заключается в деятельности руководителя тушения пожара (РТП), штабов и других органов по поддержанию готовности подразделений, подготовке проведения первоочередных аварийно-спасательных работ (ПАСР) и командованию ими при решении поставленных задач [8, 9].

Основная цель управления состоит в том, чтобы обеспечить максимальную эффективность использования сил и средств ППО при ликвидации аварий на НГК и спасении людей и материальных ценностей [10, 11].

Достижение этой цели связано с решением целого круга задач, составляющих содержание управления. Основными из них являются [12]:

1) поддержание подразделений в боевой готовности;

2) непрерывный сбор информации о состоянии защищаемых объектов в районе выезда, силах и средствах ППО, а также о выполняемых задачах;

3) выработка вариантов управляющих решений по использованию сил и средств ППО в интересах решения целевых задач. В соответствии с поставленной задачей и складывающейся обстановкой в районе выезда РТП определяет сценарий развития аварии на нефтегазовом комплексе, конкретные боевые задачи для подразделений, порядок взаимодействия, обеспечения и управления силами и средствами ППО;

4) доведение распоряжений до сил и средств ППО и постановка задач исходя из утвержденного решения. Для сокращения времени ликвидации аварий силы и средства ППО должны своевременно получить конкретную боевую задачу, подготовиться к ее выполнению и проведению ПАСР;

5) составление сценариев развития и ликвидации аварий на НГК (далее — сценарий), которое заключается в детальной разработке всех вопросов, связанных с принятым решением, в целях достижения высокой организованности и согласованности мероприятий по подготовке сил и средств ППО к выполнению боевых задач. Планирование выражается в отработке комплекса документов (планов), в которых устанавливаются последовательность и время выполнения силами и средствами ППО поставленных задач, перечень оборудования, необходимого для проведения ПАСР, распределение материальных средств по задачам и направлениям, порядок взаимодействия подразделений;

6) организация и поддержание непрерывного взаимодействия ППО по задачам, направлениям, способам и времени в ходе проведения ПАСР в соответствии со складывающейся обстановкой в районе выезда;

7) контроль за ликвидацией аварий на НГК.

Каждая из этих задач является самостоятельным этапом управления. Несколько периодически повторяющихся этапов управления составляют цикл управления. На рис. 1 приведена последовательность этапов управления с указанием выполняемых операций [13, 14].

Таким образом, управление силами и средствами ППО — это воздействие на ЧС, выбранное на основании информации о функционировании НГК и состоянии окружающей среды из множества допустимых воздействий для достижения поставленной цели.

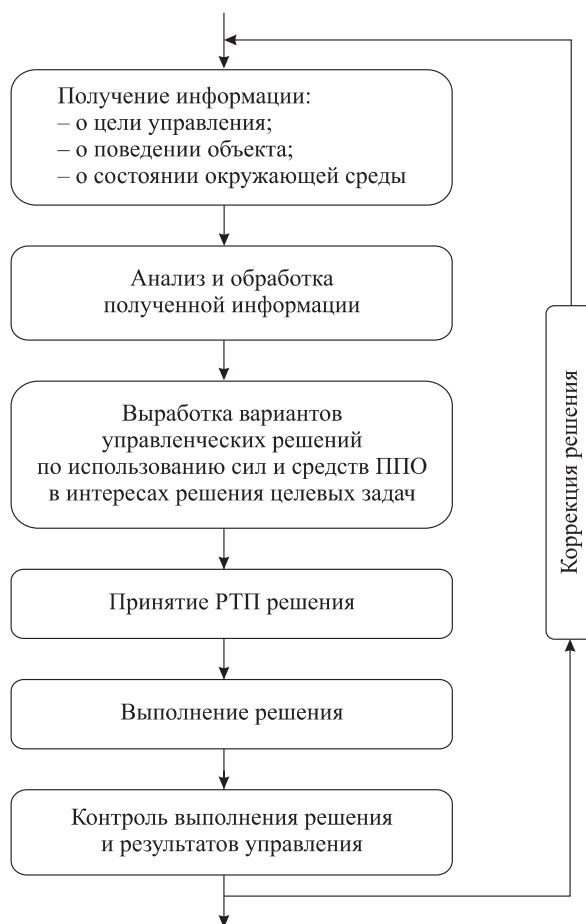


Рис. 1. Структурная схема процесса управления

Сущность управления состоит в изменении организации системы (структуры, функции, отношения и программы) для обеспечения ее требуемого поведения. Чтобы управление было реально осуществимым, должны выполняться следующие условия:

- наблюдаемость, т. е. управляющая система должна знать текущее состояние управляемой системы;
- управляемость, т. е. система должна располагать всеми силами и средствами ППО, необходимыми для проведения ПАСР и реализации управления;
- полнота учета воздействий окружающей среды, т. е. все существенные для поведения системы воздействия должны быть учтены при управлении;
- осуществимость закона необходимого разнообразия, т. е. количество линий поведения системы должно быть достаточным, чтобы обеспечить достижение цели;
- наличие четко сформулированной цели управления и критерия оценки качества управления.

Отсутствие достоверных сведений о складывающейся обстановке служит причиной возникновения в дальнейшем некорректных, необдуманных

решений. По этой причине в системе управления (далее — СУ) должна быть создана информационная подсистема, располагающая базой данных [15].

При управлении силами и средствами ППО при работе на НГК решаются задачи [16, 17]:

- 1) планирования;
- 2) оперативного управления;
- 3) коррекции планов.

Планирование является начальным этапом управления подразделениями пожарной охраны. При планировании осуществляется выбор целей системы, определяются средства и способы достижения цели с учетом достаточно стабильных факторов, требуемые силы и средства, их источники и способ распределения материально-технического обеспечения между ППО.

Целью планирования является составление планов проведения ПАСР на достаточно большое количество видов аварий на НГК. Длительность интервала планирования ограничивается наличием некоторого постоянства в организационной системе. Это постоянство может определяться, например, стабильностью параметров системы (заданное количество сил и средств ППО), постоянством законов изменения параметров (виды происшествий на НГК не выходят за рамки запланированных), законов распределения случайных параметров (случайное сочетание видов происшествий и параметров окружающей среды).

Составленный план определяет конечное состояние, в которое должна перейти система, и распределение сил и средств ППО, обеспечивающих этот переход.

Оперативное управление состоит в обеспечении функционирования системы в соответствии с намеченным планом и условиями, определяющими порядок взаимоотношения между элементами системы. Оно заключается в периодическом или непрерывном сравнении поведения системы с требуемым и в соответствующем изменении его с помощью управляющих воздействий.

Целью оперативного управления является реализация во времени составленного плана, поэтому оно всегда должно рассматриваться как функция времени. Отсюда вытекает такая особенность оперативного управления, как осуществление его в темпе, соответствующем динамике поведения системы и изменения состояния окружающей среды. Это накладывает некоторые ограничения на процессы оперативного управления, что необходимо учитывать при выборе способов определения наилучшего в том или ином смысле оперативного управления.

Коррекция планов заключается в составлении нового плана в условиях возмущающих воздействий за счет перераспределения имеющихся ресур-

сов. Следовательно, задача коррекции обеспечивает лучшее по сравнению с оперативным управлением использование ресурсов. Однако при коррекции существенно увеличиваются затраты времени, что связано с решением задачи коррекции и реализацией скорректированного плана. При ограничениях по допустимому времени решения целевых задач это обстоятельство может привести к тому, что скорректированный план к моменту его реализации теряет смысл. В связи с этим возникает задача нахождения оптимальных характеристик данного алгоритма, обеспечивающих эффективное решение целевой задачи.

Наиболее важным в управленческой деятельности является этап выработки решения. Решение РТП и сценарии развития и ликвидации аварии на НГК составляют основу организации и исполнения всех мероприятий по подготовке и проведению силами и средствами ППО первоочередных аварийно-спасательных работ.

Решение по использованию сил и средств ППО принимает РТП, который несет за него личную ответственность. В подготовке решения участвуют практически все органы управления в соответствии с их функциональным назначением.

В работе РТП по выработке и принятию решения существует определенная последовательность:

- всесторонняя оценка складывающейся обстановки в районе выезда;
- определение возможных вариантов решения и их оценка;
- формулирование принятого решения.

Каждый из перечисленных этапов имеет свое содержание, целенаправленность и логику и может выполняться тем или иным методом в зависимости от конкретных условий обстановки и других факторов.

Оценка обстановки предусматривает изучение и анализ факторов и условий, влияющих на достижение цели управления силами и средствами ППО: оценку имеющихся сил и средств, оценку обстановки в районе выезда, оценку времени.

Для выработки решения рассматривается не один, а несколько сценариев развития и ликвидации аварии на НГК. Анализ, оценка и определение наиболее приемлемого из них производятся с использованием количественных методов, базирующихся на методах математического моделирования. Наилучшим считается тот вариант, при котором достигается выполнение поставленных в ходе проведения ПАСР задач в заданные сроки и при наименьших финансовых затратах.

Решение считается принятым, когда РТП, сделав окончательный выбор и определив вариант управляющих решений по использованию сил и средств ППО, доводит его до исполнителей.

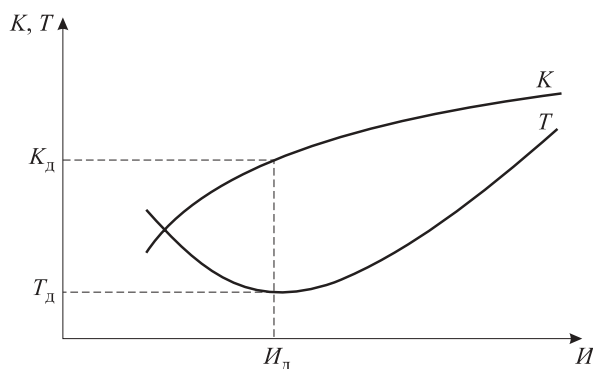


Рис. 2. Зависимости качества и продолжительности выработки решений от объема перерабатываемой информации

Важнейшую роль в процессе выработки решения играет система информации. Эффективность решения задач управления зависит от объема используемой информации. Необходимо учитывать, что объем информации об объектах управления и воздействия, добываемой различными методами, как правило, является неполным. Кроме того, возможно искажение информации, поступающей в орган управления по каналам связи, помехами, а также получение ложных сообщений. В связи с этим актуальными являются задачи наблюдения за объектами НГК и средой, сбора и передачи информации с помощью сигналов, правильной организации информации в органе управления, своевременного доведения достоверных приказов и распоряжений до сил и средств ППО.

Для решения каждой задачи управления органам управления требуется определенный объем информации. Увеличение или уменьшение количества данных не приводит к однозначным изменениям эффективности принимаемых решений и расходовемого при этом времени. Вместе с тем, как следует из приведенных на рис. 2 классических зависимостей качества (K) и продолжительности (T) выработки решений от объема перерабатываемой информации (I), использование относительно небольшого объема информации (I_d) позволяет оперативно (за время T_d) принимать решения с приемлемым качеством (K_d). К сожалению, в настоящее время нет приемлемых методик определения минимально необходимого объема сведений об обстановке для ее уверенной оценки.

Следующим этапом является переработка информации с целью выработки управляющих воздействий, т. е. этап выработки решения. Известно, что качество решения и время, затрачиваемое на его выработку, существенно зависят от психофизических качеств РТП, его подготовленности, знаний, способностей. Однако существуют и определенные технологии процесса выработки решения, соблюдение которых способствует обеспечению необходимого

уровня качества управленческого решения. Под технологией принятия решений будем понимать совокупность последовательных приемов и способов для достижения цели. Общая схема процесса принятия решений имеет вид, представленный на рис. 3.

Функциональные блоки-схемы имеют следующее назначение:

I — построение модели целевого состояния нефтегазового комплекса. На данном этапе происходит уяснение исходной обстановки, состояния защищаемых объектов НГК, создается образная модель целевого состояния объекта воздействия Q_c ;

II — выявление и определение причин возникновения проблемы. На данной стадии происходит описание возможного происшествия, выявляются места его возникновения с выделением причин, формулируется проблема с оценкой ее важности;

III — построение модели состояния объектов воздействия и управления Q_k на основе полученного объема информации в момент времени t . На данном этапе осуществляется оценка обстановки, при которой решаются задачи по оценке сил и средств ППО, временных затрат на перемещение их к месту происшествия и проведение ПАСР, вероятных вариантов развития обстановки и ЧС на НГК, взаимодействия подразделений. Оценка информации, ее анализ и обобщение осуществляются на основе заданных критериев;

IV — сравнение модели Q_k с целевой моделью Q_c . На этом этапе оцениваются результаты предыдущих ПАСР при ликвидации ЧС, т. е. осуществляется всестороннее сравнение модели Q_k достигнутого состояния защищаемого объекта НГК с моделью Q_c требуемого его состояния, к которой стремимся;

V — принятие решения о действиях. На основе сравнения моделей Q_k и Q_c РТП оценивает, какие цели и задачи не решены, определяет возможные варианты их решения, оценивает варианты решения и делает окончательный выбор оптимального варианта управления силами и средствами ППО;

VI — реализация решения. Для приведения принятого решения в исполнение устанавливается определенная последовательность действий сил и средств ППО по проведению ПАСР, распределяются их усилия по задачам и направлениям, организуется взаимодействие с другими подразделениями;

VII — формирование управляющей информации. Этот этап включает формирование и заполнение соответствующих документов, оценку полученных результатов в ходе проведения ПАСР при аварии на НГК.

Таким образом, совершенствование системы управления силами и средствами подразделений пожарной охраны при работе на нефтегазовом комп-

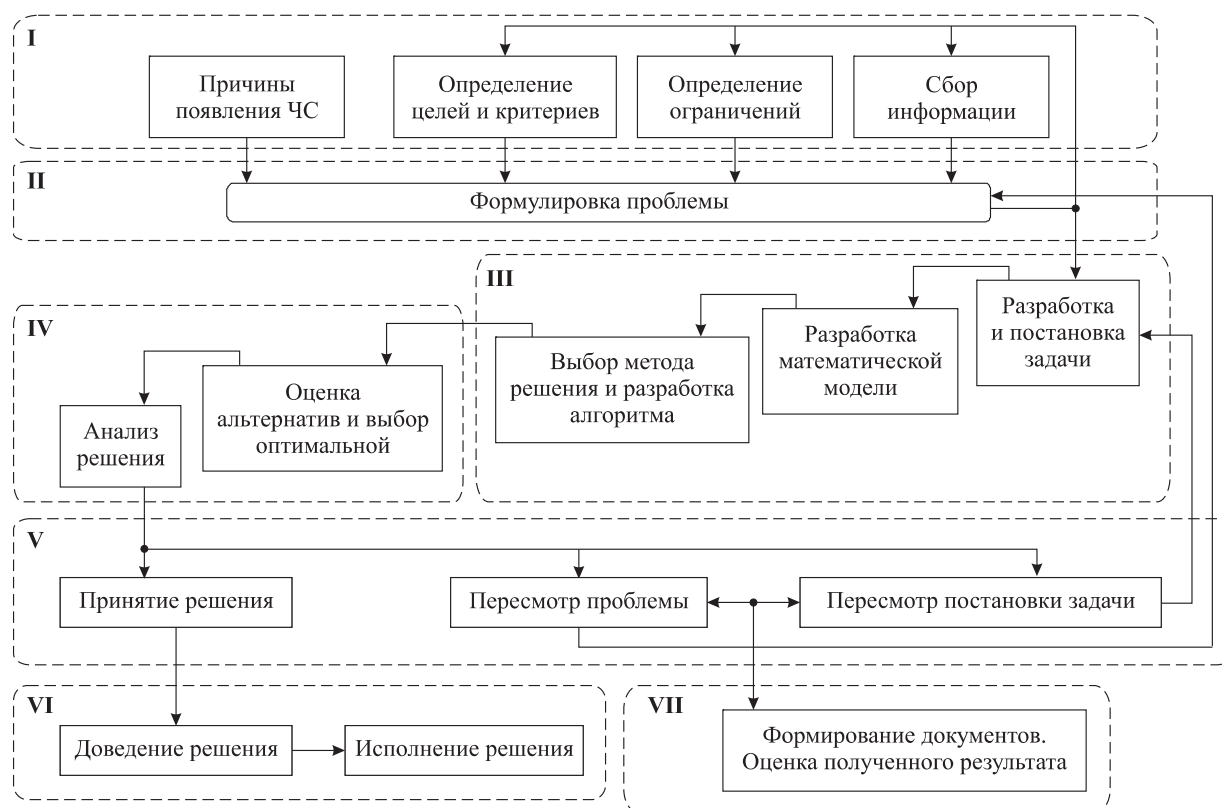


Рис. 3. Схема процесса принятия решения

лексе дает возможность обеспечивать его пожарную безопасность на должном уровне. Однако для этого необходимо разрабатывать соответствующие сценарии развития аварий на НГК и пути их ликвида-

ции, проводить всестороннюю оценку действий РТП при принятии им управляющих решений, а также обосновывать количественные требования к системе управления ППО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макашева Н. П., Макашева Ю. С. Роль персонала в обеспечении экологической безопасности нефтегазового производства. URL: <http://www.uecs.ru/economika-truda/item/3402-2015-03-16-08-18-36?pop=1&tmpl=component&print=1> (дата обращения: 20.06.2015).
2. Бараковских С. А. Совершенствование метода защиты нефтегазового оборудования при пожарах : дис. ... канд. техн. наук. — Уфа, 2012. — 159 с.
3. Nakakuki Atsushi. Historical study concerned for fire extinguishing of oil-tank equipping subsurface injection system // J. Jap. Soc. Pip. Eng. — 1981. — Vol. 21, No. 2. — P. 73–77.
4. Nash P., Whittle J. Fighting fires in oil storage tanks using base injection of foam — part II // Fire Technology. — 1978. — Vol. 14, No. 2. — P. 147–158. DOI: 10.1007/bf02308909.
5. Application of foam in the petroleum industry // Fire Int. — 1986. — Vol. 10, No. 98. — P. 582.
6. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей : Федер. закон РФ от 22.08.1995 № 151-ФЗ // Собр. законодательства РФ. — 1995. — № 35, ст. 3503.
7. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера : Федер. закон РФ от 21.12.1994 № 68-ФЗ // Собр. законодательства РФ. — 1994. — № 35, ст. 3648.
8. О стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года : указ Президента РФ от 12.05.2009 № 537. URL: <http://base.garant.ru/195521> (дата обращения: 20.06.2015).
9. О федеральной целевой программе “Развитие транспортной системы России (2010–2020 годы)” : постановление Правительства РФ от 05.12.2001 № 848. URL: <http://rosavtodor.ru/storage/b/2014/04/18/901807416.pdf> (дата обращения: 22.06.2015).
10. Алтухов П. К. Основы теории управления войсками. — М. : Воениздат, 1984. — 221 с.
11. ISO/TC 21/SC5DP 7076. Foam and powder media and firefighting systems using foam and powder. URL: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=46692 (дата обращения: 22.06.2015).

12. Бакурадзе Д. В. Устойчивость автоматизированного управления. — М. : МО СССР, 1985.
13. Бакурадзе Д. В., Кисоржевский В. Ф. Автоматизация управления войсками. — М. : МО СССР, 1988.
14. Абчук В. А., Матвейчук Ф. А., Томашевский Л. П. Исследование операций : справочник / Под ред. А. В. Федорова. — М. : Воениздат, 1978. — 368 с.
15. Перевалов А. С., Сугак В. П. Многокритериальный выбор системы защиты информации информационной подсистемы управления силами и средствами МЧС России // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». — 2013. — № 1. — С. 36–40.
16. Перевалов А. С. Обеспечение устойчивого функционирования системы безопасности при ЧС на акваториях внутренних водоемов // Проблемы устойчивого функционирования стран и регионов в условиях кризисов и катастроф современной цивилизации : материалы XVII Международной научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, 22–24 мая 2012 г., Москва, Россия. — М. : Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам ГО и ЧС, 2012.
17. Перевалов А. С. О выборе методов управления силами и средствами поисково-спасательных формирований МЧС России // Автоматизированные системы управления экологической и пожарной безопасностью объектов : межвуз. сб. науч. тр. — Иваново : Ивановский институт ГПС МЧС России, 2013.

Материал поступил в редакцию 17 июля 2015 г.

Для цитирования: Перевалов А. С., Бараковских С. А., Карам Е. А., Акулов А. Ю., Дальков М. П., Мокроусова О. А. Сущность управления подразделениями пожарной охраны при работе на нефтегазовом комплексе // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 9. — С. 59–66. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.59-66.

English

DISCLOSURE CONTROLS FIRE DEPARTMENTS WHEN WORKING ON OIL AND GAS COMPLEX

PEREVALOV A. S., Candidate of Technical Sciences, Deputy Head of Department of Special Subjects, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail: pas_ural@mail.ru)

BARAKOVSKIKH S. A., Candidate of Technical Sciences, Head of Department of Fire Tactics and Service, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail: bar0381@yandex.ru)

KARAMA E. A., Candidate of Pedagogical Sciences, Deputy Head of Department of Fire Tactics and Service, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation)

AKULOV A. Yu., Candidate of Technical Sciences, Head of Adjuncture, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation)

DALKOV M. P., Doctor of Geographical Sciences, Professor of Department of Fire Tactics and Service, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation)

MOKROUSOVA O. A., Doctor of Pedagogical Sciences, Head of Fire Safety in Construction, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation)

ABSTRACT

Oil and gas complex plays a crucial role in the modern economy both the Russian Federation and the world as a whole. Damage from the fire and downtime entail huge losses. To improve the fire departments in ensuring the fire safety of oil and gas complexes is necessary to define the tasks of management, steps of the management process, particularly the decision-making.

Problems solved by the management, are divided into three classes: planning; the operational management; compensation plans.

When planning the system selects the goals, means and methods are determined by the goal, taking into account sufficiently stable factors required forces and resources, their sources and method of distribution logistics between units of fire protection. The purpose of planning is to draw up plans for search and rescue operations on a sufficiently large number of types of accidents.

Operational management is to ensure the functioning of the system in accordance with the plans and conditions which govern the relationship between the elements of the system.

Correction consists in drawing up plans for the new plan in terms of disturbances due to the re-allocation of existing resources.

To keep the fire at the proper level is required to develop appropriate scenarios of accidents and ways of their elimination, to conduct a comprehensive assessment of action at the head of the fire extinguishing acceptance of management decisions, as well as to justify the quantitative requirements for the control system of fire protection units.

Keywords: oil and gas; control; fire brigade; head; decision.

REFERENCES

1. Makasheva N. P., Makasheva Yu. S. *Rol personala v obespechenii ekologicheskoy bezopasnosti neftegazovogo proizvodstva* [Role of staff in ensuring ecological safety of oil and gas producing]. Available at: <http://www.uecs.ru/economika-truda/item/3402-2015-03-16-08-18-36?pop=1&tmpl=component&print=1> (Accessed 20 June 2015).
2. Barakovskikh S. A. *Sovershenstvovaniye metoda zashchity neftegazovogo oborudovaniya pri pozharakh. Dis. kand. tekhn. nauk* [Improving the method for protecting oil and gas equipment from fires. Cand. tech. sci. diss.]. Ufa, 2012. 159 p.
3. Nakakuki Atsushi. Historical study concerned for fire extinguishing of oil-tank equipping subsurface injection system. *J. Jap. Soc. Pip. Eng.*, 1981, vol. 21, no. 2, pp. 73–77.
4. Nash P., Whittle J. Fighting fires in oil storage tanks using base injection of foam — part II. *Fire Technology*, 1978, vol. 14, no. 2, pp. 147–158. DOI: 10.1007/bf02308909.
5. Application of foam in the petroleum industry. *Fire Int.*, 1986, vol. 10, no. 98, p. 582.
6. On the emergency services and the status of rescuers. Federal Law on 22.08.1995 No. 151. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 1995, no. 35, art. 3503 (in Russian).
7. On protection of population and territories from emergency situations of natural and man-made. Federal Law on 21.12.1994 No. 68. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 1994, no. 35, art. 3648 (in Russian).
8. *National Security Strategy of the Russian Federation until 2020*. Decree of the Russian President. Available at: <http://base.garant.ru/195521> (Accessed 20 June 2015) (in Russian).
9. *On the federal target program "Development of Transport System of Russia (2010–2020)"*. Resolution of the Government of the Russian Federation on 05.12.2001 No. 848. Available at: <http://rosavto-dor.ru/storage/b/2014/04/18/901807416.pdf> (Accessed 22 June 2015) (in Russian).
10. Altukhov P. K. *Osnovy teorii upravleniya voyskami* [Fundamentals of the theory of command and control]. Moscow, Voenizdat, 1984. 221 p.
11. *ISO/TC 21/SC5DP 7076. Foam and powder media and firefighting systems using foam and powder*. Available at: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=46692 (Accessed 22 June 2015).
12. Bakuradze D. V. *Ustoychivost avtomatizirovannogo upravleniya* [Stability of automated control]. Moscow, Ministry of Defence of the USSR Publ., 1985.
13. Bakuradze D. V., Kisorzhevskiy V. F. *Avtomatizatsiya upravleniya voyskami* [Automation control of troops]. Moscow, Ministry of Defence of the USSR Publ., 1988.
14. Abchuk V. A., Matveychuk F. A., Tomashevskiy L. P. *Issledovaniye operatsiy. Spravochnik* [Operations research. Reference book]. A. V. Fedorov (ed.). Moscow, Voenizdat, 1978. 368 p.
15. Perevalov A. S., Sugak V. P. *Mnogokriterialnyy vybor sistemy zashchity informatsii informatsionnoy podsystemy upravleniya silami i sredstvami MChS Rossii* [Multicriteria choice systems information security information management subsystem forces and means of Emercom of Russia]. *Nauchno-analiticheskiy zhurnal "Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta GPS MChS Rossii" — Bulletin of Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia*, 2013, no. 1, pp. 36–40.

16. Perevalov A. S. Obespecheniye ustoychivogo funktsionirovaniya sistemy bezopasnosti pri ChS na akvatoriyakh vnutrennikh vodoyemov [Towards sustainable security in emergencies on water areas of inland waters]. *Problemy ustoychivogo funktsionirovaniya stran i regionov v usloviyakh krizisov i katastrof sovremennoy tsivilizatsii: sb. nauch. tr.* [Problems of sustainable functioning of the countries and regions in crisis and disasters of modern civilization. Collected scientific papers]. Moscow, All-Russian Scientific and Research Institute of Civil Defense and Emergencies of Russia Publ., 2012.
17. Perevalov A. S. O vybere metodov upravleniya silami i sredstvami poiskovo-spasatelnykh formirovaniy MChS Rossii [On the choice of methods and means of control by the search-and-rescue units of Emercom of Russia]. *Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya ekologicheskoy i pozharnoy bezopasnostyu ob'yektov: mezhvuz. sb. nauch. tr.* [Automated control systems of environmental and fire safety facilities. Collected scientific papers]. Ivanovo, Ivanovo Institute of State Fire Service of Emercom of Russia Publ., 2013.

For citation: Perevalov A. S., Barakovskikh S. A., Karama E. A., Akulov A. Yu., Dalkov M. P., Mokrousova O. A. Sushchnost upravleniya podrazdeleniyami pozharnoy okhrany pri rabote na neftegazovom komplekse [Disclosure controls fire departments when working on oil and gas complex]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 9, pp. 59–66. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.59-66.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу

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



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

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

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

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

Л. Н. МАСКАЕВА, д-р хим. наук, профессор, профессор кафедры физической и коллоидной химии Уральского федерального университета им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); профессор кафедры химии и процессов горения Уральского института ГПС МЧС России (Россия, 620022, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: mln@ural.ru)

В. Ф. МАРКОВ, д-р хим. наук, профессор, профессор, заведующий кафедрой физической и коллоидной химии Уральского федерального университета им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); профессор кафедры химии и процессов горения Уральского института ГПС МЧС России (Россия, 620022, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: v.f.markov@urfu.ru)

М. Ю. ПОРХАЧЕВ, канд. пед. наук, доцент, заместитель начальника по научной работе, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620022, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: ekamike@mail.ru)

О. А. МОКРОУСОВА, д-р пед. наук, доцент, начальник кафедры пожарной безопасности в строительстве, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: olgamokrousova@mail.ru)

УДК 621.315.592

ТЕРМИЧЕСКАЯ И РАДИАЦИОННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ИК-ДЕТЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ ПЛЕНОК ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Cd_xPb_{1-x}S$

Изучены термическая и радиационная устойчивость ИК-детекторов на основе фоточувствительных пленок твердых растворов в системе $PbS-CdS$, полученных химическим осаждением на силикатную подложку. Установлено, что синтез материалов на основе соединений PbS и CdS в форме твердых растворов замещения позволяет варьировать спектральную характеристику в широкой области спектра за счет изменения состава и получать достаточно богатые по замещающему компоненту составы. Из спектральных характеристик пленок $Cd_xPb_{1-x}S$ видно, что при увеличении содержания CdS в твердом растворе до 17 мол. % "красная" граница фотоответа сдвигается в коротковолновую область менее чем на 1,6 мкм, а максимум фоточувствительности — с 2,5 до 1,2 мкм. Приведены фотоэлектрические параметры разработанных фотодетекторов на основе пленок $Cd_xPb_{1-x}S$ различного состава с размером чувствительного элемента 0,48×0,48 мм. Показана стабильность их электрофизических характеристик во времени, устойчивость к сильным засветкам, нагреванию (верхняя температурная граница использования пленок 405–410 К) и ионизирующему излучению.

Ключевые слова: термическая устойчивость; радиационная устойчивость; тонкие пленки; твердый раствор $Cd_xPb_{1-x}S$; ИК-детекторы; фоточувствительность.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.67-73

Потенциальные возможности возникновения аварий и катастроф на объектах нефте- и газодобывающей отрасли, химических предприятиях и в крупных трубопроводных системах обуславливают высокую вероятность возникновения на них пожаров. Залогом успешной борьбы с огнем является своевременное обнаружение источника возгорания на защищаемой территории. Использование оптических систем раннего обнаружения пожара в совокупности с современными установками пожаротушения не только может свести к минимуму прямой ущерб от него, но и существенно снизить косвенные затраты, связанные с прерыванием технологических процессов на пожароопасных производствах. Применя-

емые при этом на практике для пожарного контроля извещатели пламени работают в сложных производственных условиях и зачастую подвергаются воздействию высоких температур. Они обеспечивают, как правило, защиту зон со значительным теплообменом и открытых производственных площадок, где невозможно применение тепловых и дымовых пожарных датчиков [1]. Подробная классификация типов извещателей пламени и требования к ним представлены в ГОСТ Р 53325–2012 [2].

Используемые в атомной отрасли и на других радиационно опасных объектах фотодетекторы и пожарные извещатели могут испытывать высокие радиационные нагрузки, как постоянные, так и

спонтанно возникающие. Все это самым негативным образом может отражаться на функциональных свойствах детекторов. В связи с этим вопросы термической и радиационной устойчивости разрабатываемых и используемых на практике фоточувствительных материалов и извещателей на их основе представляются чрезвычайно актуальными.

Энергия в спектре у различных горючих веществ распределяется неравномерно: более 80 % ее приходится на самую большую часть спектра излучения — инфракрасную. При этом длины волн λ , излучаемых источником, зависят от его температуры T : чем она выше, тем короче длина волны и выше интенсивность излучения. Известно, что ИК-излучение хорошо проникает сквозь дым, пыль, гарь, копоть, загрязнения чувствительного элемента. В связи с этим датчики на основе ИК-чувствительных материалов незаменимы в производственных цехах, ремонтных депо, на особо ответственных объектах, в зонах В-I, В-II.

Своим прогрессом инфракрасная техника обязана, в первую очередь, узкозонным полупроводникам. Важнейшее место в их ряду занимает сульфид свинца PbS, тонкопленочная технология получения которого хорошо отработана. Он является одним из наиболее чувствительных материалов, используемых в фотодетекторах ближнего ИК-диапазона спектра в области 0,7–3,0 мкм. Широкое применение в производстве фотоприемников, лазеров, светодиодов, люминесцентных и лазерных экранов и других средств индикации находит сульфид кадмия CdS, работающий в видимой области спектра (0,38–0,65 мкм). Синтез материалов на основе соединений PbS и CdS в форме твердых растворов замещения позволяет варьировать спектральную характеристику в более широкой области спектра за счет изменения состава и тем самым оптимизировать характеристики создаваемых на их основе фотодетекторов.

На основе PbS образуются ограниченные твердые растворы замещения $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ с кубической структурой B1, так как сульфиды кадмия и свинца имеют различные типы кубических структур — B3 и B1 соответственно. Согласно [3] фазовая диаграмма псевдобинарной системы PbS–CdS является эвтектической с точкой эвтектики при 1323 К и содержании CdS 38 мол. %. С понижением температуры область гомогенности заметно сужается: если при 873 К растворимость CdS в сульфиде свинца составляет около 4,5 мол. %, то при 523 К она не превышает $9 \cdot 10^{-3}$ мол. % [4]. Следовательно, можно полагать, что при температурах ниже 373 К растворимость CdS в галените PbS будет пренебрежимо малой.

Однако использование коллоидно-химического метода синтеза твердых растворов $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ позволяет получать достаточно богатые по замещающему компоненту составы. Так, в работах [5–8] показано, что при температуре 353 К из водных растворов были получены пленки $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$, содержащие до 16 мол. % CdS. В исследованиях, описанных в [9, 10], приведены результаты синтеза пленок $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ с содержанием CdS около 21 мол. %. Из фазовой диаграммы системы PbS–CdS [3] следует, что химически осажденные твердые растворы $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ являются по своей природе пересыщенными, а значит, метастабильными. В то же время по своим свойствам они отличаются чрезвычайно высоким уровнем фотоответа в видимой области и ближнем ИК-диапазоне спектра, а также относительно малой постоянной времени, что позволяет использовать полученные соединения для создания высокочувствительных быстродействующих фотодетекторов и извещателей пламени.

На рис. 1 представлены спектральные характеристики пленок $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ с различным содержанием в них сульфида кадмия. Как следует из рис. 1, при повышении содержания CdS в твердом растворе до 17 мол. % “красная” граница фотоответа сдвигается в коротковолновую область менее чем на 1,6 мкм, а максимум фоточувствительности — с 2,5 до 1,2 мкм. Особый интерес может представлять твердый раствор $\text{Cd}_{0,06}\text{Pb}_{0,94}\text{S}$, имеющий спектральную характеристику, практически аналогичную с германием, однако обладающий более высоким темновым сопротивлением, что в ряде случаев более предпочтительно.

Типичные фотоэлектрические параметры (темновое сопротивление R_T , вольт-ваттная чувстви-

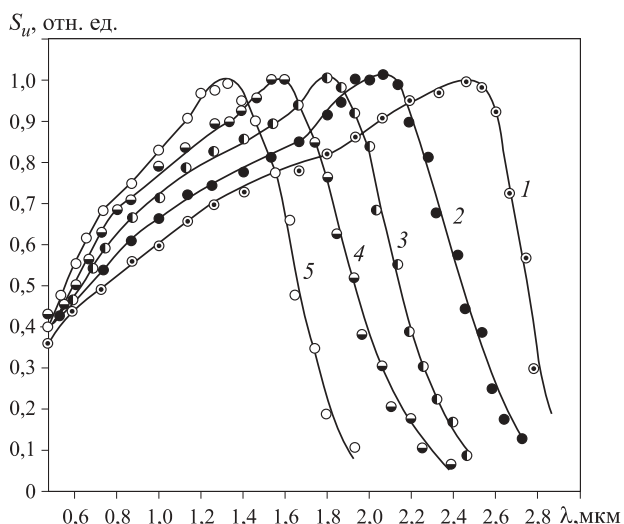


Рис. 1. Относительные спектральные характеристики фоторезисторов на основе пленок PbS (1) и твердых растворов $\text{Cd}_{0,031}\text{Pb}_{0,969}\text{S}$ (2), $\text{Cd}_{0,062}\text{Pb}_{0,938}\text{S}$ (3), $\text{Cd}_{0,087}\text{Pb}_{0,913}\text{S}$ (4), $\text{Cd}_{0,124}\text{Pb}_{0,876}\text{S}$ (5)

Фотоэлектрические характеристики фоторезисторов на основе пленок $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$

Мольная доля $\text{CdS } x$	R_T , МОм	S_V , В/Вт	λ_{max} , мкм	$D^* \cdot 10^{-11}$, $\text{см}/(\text{Вт} \cdot \text{Гц}^{1/2})$	τ , мкс
0,031	2–10	4000	$1,8 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,2$	30–90
0,062	3–15	5500	$1,6 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,2$	40–100
0,094	5–20	7000	$1,5 \pm 0,1$	$1,4 \pm 0,2$	60–120

тельность S_V , обнаружительная способность D^* , постоянная времени τ) разработанных нами фотодетекторов на основе пленок $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ различного состава с размерами чувствительного элемента $0,48 \times 0,48$ мм приведены в таблице.

Кратность изменения сопротивления при световой засветке в зависимости от состава пленки находится в интервале 10–100. По своим частотным характеристикам разработанные фоторезисторы наиболее эффективны при 298 К для частот модуляции излучения 0,25–6,0 кГц.

При снижении температуры чувствительного слоя до 253 К постоянная времени приборов увеличивается не более чем в 2 раза при повышении вольт-ваттной чувствительности в 6–8 раз. Исследование шумовых характеристик фоторезисторов показало, что область избыточного шума ($1/f$) ограничена полосой 0–0,25 кГц, а генерационно-рекомбинационного — 0,5–4,0 кГц. Для фоторезисторов на основе твердого раствора $\text{Cd}_{0,062}\text{Pb}_{0,938}\text{S}$ (размером $0,48 \times 0,48$ мм²) максимальное значение обнаружительной способности при 300 К (λ_{max} , 1000 Гц, источник типа “А”) составило $2,5 \cdot 10^{11}$ см/(Вт · Гц^{1/2}).

Важным с точки зрения долгосрочного использования приборов на основе твердых растворов $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ является стабильность их электрофизических характеристик во времени, устойчивость к сильным засветкам, нагреванию и ионизирующему излучению. Особое внимание этому вопросу уделяется в связи с указанной выше метастабильной природой этих соединений. Увеличение температуры выше некоторого предела может вызвать структурные и фазовые превращения в материале чувствительного слоя и, следовательно, изменение основных функциональных характеристик детектора. К аналогичным изменениям может привести и воздействие повышенных доз радиации.

Объектами исследования в настоящей работе являлись фотодетекторы и фоточувствительные пленки $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ (где $x = 0,03 \div 0,18$) толщиной 1,0–1,2 мкм, которые получали химическим осаждением на ситалловые подложки из цитратно-аммиачной реакционной смеси при 353 К.

Термическую устойчивость фоторезисторов на основе пленок твердых растворов $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ изучали путем изотермического нагрева последних.

Пленки, содержащие 3,2; 4,4; 5,6 и 8,6 мол. % CdS, запаивали в кварцевые ампулы с осушенным аргонном и отжигали в течение 10–12 ч при температуре 623–873 К. Последующие рентгеновские исследования показали, что после отжига всех изученных образцов на рентгенограммах сохраняется набор дифракционных отражений, соответствующих структуре сульфида свинца B1, т. е. каких-либо дополнительных отражений не появляется. Однако наблюдается смещение дифракционных отражений в область меньших углов (что означает рост периода решетки твердого раствора) и увеличение интенсивности фона. Смещение рефлексов дифракционного отражения в результате отжига интерпретировано нами как распад пересыщенного твердого раствора $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ на равновесный твердый раствор, соответствующий температуре отжига, и рентгеноаморфный CdS, о чем свидетельствует повышение уровня фона. Отжиг пленок твердого раствора при $T < 600$ К недостаточен для достижения его равновесного состава, однако при длительном отжиге при более высокой температуре состав отожженного твердого раствора почти полностью соответствует равновесной фазовой диаграмме системы PbS – CdS [3]. Практически важным при использовании фотодетекторов на основе пленок $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ является установление предельной температуры нагрева, при которой не происходит заметного изменения их электрофизических и фотоэлектрических свойств. С этой целью были проведены измерения температурной зависимости удельной проводимости σ пленок $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$. На рис. 2 показана зависимость $\sigma(T)$ пленок состава $\text{Cd}_{0,062}\text{Pb}_{0,938}\text{S}$.

Зависимость $\sigma(T)$ является обратимой при $T < 400$ К и необратимой при $T > 408$ К (области обратимого и необратимого температурного изменения проводимости на рис. 2 разделены пунктиром; направление изменения температуры показано стрелками).

На рис. 2 обращает на себя внимание скачкообразное изменение проводимости пленок в интервале 408–500 К, которое, судя по всему, обусловлено распадом пересыщенного твердого раствора. Видно, что повышение температуры до 400–405 К сопровождается некоторым ростом проводимости, причем это изменение σ обратимо. Время релаксации при этом не превышает нескольких сотен часов. В интервале 408–500 К наблюдается необратимое скачкообразное изменение σ более чем на три порядка. При этом изменяются и другие свойства пленок: исчезает фоточувствительность, резко снижается подвижность носителей. Выявленные эффекты обусловлены началом распада пересыщенных твердых растворов $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ при $T > 408$ К с выделением сульфида кадмия из кристаллической решетки твердого раствора.

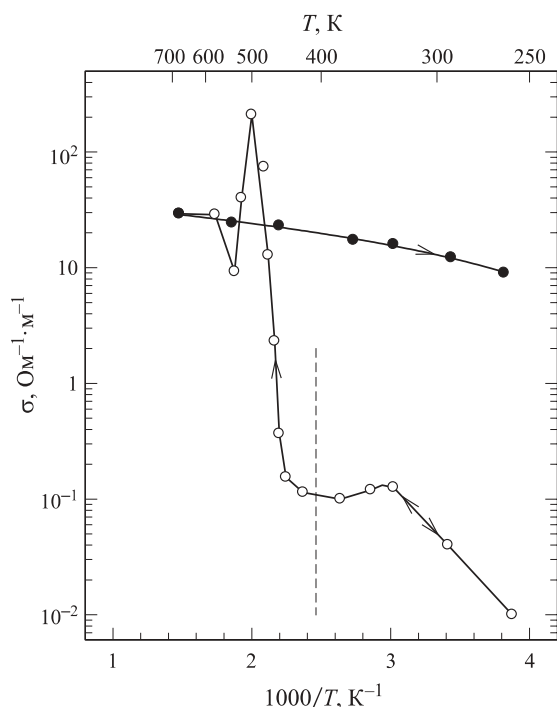


Рис. 2. Изменение удельной проводимости пленок $\text{Cd}_{0,062}\text{Pb}_{0,938}\text{S}$ при нагреве (○) и охлаждении (●)

При $T \approx 500$ К распад заканчивается, пленка становится двухфазной, что обуславливает в соответствии с правилом Нордгейма увеличение ее остаточного сопротивления (снижение проводимости) вследствие дополнительного рассеяния электронов на границах фаз.

Таким образом, установлено, что верхняя температурная граница устойчивости гидрохимически осажденных пересыщенных твердых растворов $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ ($0 < x \leq 0,18$) составляет 405–410 К (132–137 °С). Выявленную температурную границу следует принять в качестве температурного предела применения ИК-детекторов на основе указанных полупроводниковых пленок. Следует заметить, что для метастабильных по составу соединений она является достаточно высокой. Это позволяет использовать датчики на практике в широком рабочем диапазоне температур.

Важнейшей эксплуатационной характеристикой ИК-детекторов является временная стабильность их фотоэлектрических свойств. Исследование этой характеристики для чувствительных элементов на основе пленок твердых растворов $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ ($x = 0,037; 0,045; 0,058; 0,066$) проводилось при $T = 293 \div 303$ К и относительной влажности воздуха 40–60 % в течение года путем периодического измерения их темнового сопротивления R_T , величины вольт-ваттной чувствительности S_V и времени фотоотклика τ . Исследуемые образцы в течение первого года испытаний с периодичностью примерно 30 сут подвергали рентгеноструктурному анализу для выявления из-

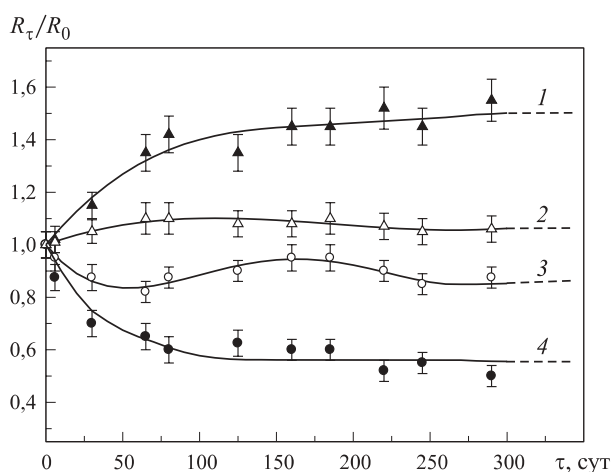


Рис. 3. Относительное изменение темнового сопротивления R_τ/R_0 (R_τ — омическое сопротивление в момент времени τ) пленок $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ в зависимости от продолжительности их выдержки τ на воздухе (температура 293–303 К, относительная влажность 40–60 %) при различном содержании CdS (моль. %): 1 — 6,6; 2 — 5,8; 3 — 4,5; 4 — 3,7

менения параметра кристаллической решетки при длительном хранении. Ряд образцов подобным образом контролировали до 10 лет и более. Ни в одном из случаев не удалось обнаружить изменение состава твердого раствора, выходящее за пределы экспериментальной ошибки. Образцы пленок твердых растворов за исследуемый период сохраняли относительное постоянство состава и отличались высокой стабильностью фотоэлектрических и пороговых характеристик.

Некоторое изменение темнового сопротивления наблюдалось в первые 2–3 мес испытаний, а затем значение R_T практически стабилизировалось (рис. 3). При этом если для ряда образцов ($x = 0,037; 0,045$) за этот период происходило снижение темнового сопротивления на 20–40 %, то для других ($x = 0,066$) оно практически не изменялось за все время испытаний. Максимальные изменения вольт-ваттной чувствительности также наблюдались лишь в первые 2 мес эксперимента и составили не более 20–25 % от исходных значений. Следует отметить, что при этом не принималось во внимание влияние температурного фактора, поскольку температурный коэффициент изменения вольт-ваттной чувствительности материала детектора составлял 2–3 % на 1 К. Выявленные колебания темнового сопротивления и вольт-ваттной чувствительности на первом этапе длительного хранения пленок в контакте с воздушной атмосферой связаны, по-видимому, с протеканием поверхностных процессов и установлением подвижного адсорбционного равновесия.

Предварительная защита поверхности чувствительного элемента лаком или его герметизация практически стабилизирует фотоэлектрические параметры. Исходя из полученных результатов, можно сде-

лать вывод, что скорость деградационных процессов в пленках твердых растворов $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ ($x \leq 0,18$) при нормальных условиях пренебрежимо мала. При 288–298 К не отмечено даже начальных стадий распада этих соединений; они практически сохраняли стабильность состава, структуры и фотоэлектрических свойств, по меньшей мере, в течение 10 лет. Это снимает временные ограничения в практическом использовании исследуемых пленок в качестве чувствительных элементов ИК-детекторов.

Была изучена также устойчивость чувствительных элементов на основе пленок $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ ($x = 0,062$) к воздействию больших доз γ -излучения. Отметим, что в исследованиях, проведенные А. Г. Рокахом с сотрудниками [11], удалось добиться повышения радиационной стойкости сульфида кадмия путем создания в объеме фотоприемника гетерофазных областей на основе узкозонной фазы PbS, обеспечивающей сток дефектов и электронных возбуждений. В статье [12] сообщается, что добавление сульфида свинца в CdS заметно повышает радиационную стойкость последнего.

В качестве источников γ -излучения в работе использовали изотопы ^{60}Co и ^{134}Cs с энергией 1,18 и 1,12 МэВ и активностью 150 и 810 Ки соответственно. Образцы пленок размещали в канале свинцового контейнера на расстоянии 30 см от источника. Интенсивность γ -облучения пленок составляла около 300 Р/мин с набором суммарной дозы 10^5 – 10^7 Р в течение 20–30 сут. Было установлено, что за время испытаний отклонения фотоэлектрических характеристик пленок не превысили точности измерительной аппаратуры $\pm 3\%$.

Для создания большей интенсивности облучения использовали циклический резонансный ускоритель электронов “Микротрон” [13]. Пучок электронов с энергией 9,1 МэВ на выходе ускорителя преобразовывался с помощью платиновой мишени в γ -излучение с непрерывным спектром в интервале энергий 0–9,1 МэВ. Интенсивность γ -облучения пленок на “Микротроне” варьировали от 10^3 до 10^6 Р/мин

с набором дозы до $5 \cdot 10^8$ Р. Длительность облучения составляла 50–80 мин. При интенсивности облучения 10^3 Р/мин отклонения темнового сопротивления и вольт-ваттной чувствительности образцов на 10–25 % наблюдались только при дозе, превышающей 10^7 Р. Дозы $5 \cdot 10^8$ Р и более при интенсивности облучения до 10^6 Р/мин приводили к увеличению темнового сопротивления R_T в 5–10 раз и к снижению уровня фоточувствительности. Однако возникавшие при этом изменения фотоэлектрических характеристик нивелировались в дальнейшем в течение 10–60 сут при 290–300 К. Кратковременный (20–30 мин) отжиг образцов при температуре 330–340 К сокращал время релаксации в 2–5 раз. Восстановление исходных характеристик облученных пленок указывает на то, что их фазовый состав не изменился. Релаксация свойств при $T \cong 300$ К и неизменность состава пленок $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ позволяют считать, что их облучение сопровождается образованием только точечных радиационных дефектов типа френкелевских пар *вакансия – межузельный атом* в обеих подрешетках. Таким образом, установлена аномально высокая радиационная стойкость детекторов на основе пересыщенных пленок твердых растворов $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$.

В целом, химически осажденные пленки $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ ($x \leq 0,18$) значительно расширяют круг материалов, фоточувствительных в ближней ИК-области спектра. Благодаря уникальному комплексу фотоэлектрических пороговых характеристик, они представляются перспективными для применения в ИК-детекторах, используемых в пожарной автоматике, в том числе высокочувствительных извещателей пламени. Верхней температурной границей их использования по результатам проведенных исследований следует считать 405–410 К. Полученные пленки твердых растворов и ИК-детекторы на их основе отличаются высокой стабильностью фотоэлектрических свойств при многолетнем хранении в нормальных условиях и под воздействием доз γ -облучения до 10^7 Р.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбунов Н. И., Медведев Ф. К., Дийков Л. К., Варфоломеев С. П. Датчики для систем обеспечения пожаро- и взрывобезопасности // Датчики и системы. — 2004. — № 6. — С. 5–7.
2. ГОСТ Р 53325–2012. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний. — Введ. 01.01.2014. — М.: Изд-во стандартов, 2014.
3. Шелимова Л. Е., Томашик В. Н., Грицыв В. И. Диаграммы состояния в полупроводниковом материаловедении (системы на основе халькогенидов Si, Ge, Sn, Pb). — М.: Наука, 1991. — 256 с.
4. Урусов В. С., Таусон В. Л., Акимов В. В. Геохимия твердого тела. — М.: ГЕОС, 1997. — 500 с.
5. Rabinovich E., Wachtel E., Hodes G. Chemical bath deposition of single-phase (Pb, Cd)S solid solutions // Thin Solid Films. — 2008. — Vol. 517, No. 2. — P. 737–744. DOI: 10.1016/j.tsf.2008.08.162.
6. O. Portillo Moreno, M. Chávez Portillo, M. Moreno Flores, J. Martínez Juárez, G. Abarca Ávila, R. Lozada Morales, O. Zelaya Ángel. Properties of chemical bath deposited PbS thin films doped with Cd^{2+} // Journal of Materials Science and Engineering. A1. — 2011. — P. 759–767.

7. *Hamid S. AL-Jumaili*. Structural and optical properties of nanocrystalline $\text{Pb}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$ thin films prepared by chemical bath deposition // *Applied Physics Research*. — 2012. — Vol. 4, No. 3. — P. 75–83. DOI: 10.5539/apr.v4n3p75.
8. *Марков В. Ф., Маскаева Л. Н., Кутаев Г. А.* Прогнозирование состава твердых растворов $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ при химическом осаждении из водных растворов // *Неорганические материалы*. — 2000. — Т. 36, № 12. — С. 792–795.
9. *Марков В. Ф., Маскаева Л. Н., Иванов П. Н.* Гидрохимическое осаждение пленок сульфидов металлов: моделирование и эксперимент. — Екатеринбург : УрО РАН, 2006. — 218 с.
10. *Маскаева Л. Н., Марков В. Ф., Гусев А. И.* Влияние солей кадмия на состав и свойства гидрохимически осажденных пленок твердых растворов $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ // *Журнал неорганической химии*. — 2004. — Т. 49, № 7. — С. 1065–1071.
11. *Роках А. Г., Стецюра С. В., Сердобинцев А. А.* Гетерофазные полупроводники под действием излучений // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: физика*. — 2005. — Т. 5, вып. 1. — С. 92–102.
12. *Маляр И. В., Стецюра С. В.* Влияние морфологии и состава фаз поверхности на радиационную стойкость гетерофазного материала CdS-PbS // *Физика и техника полупроводников*. — 2011. — Т. 45, вып. 7. — С. 916–921.
13. *Капица С. П., Мелехин В. Н.* Микротрон. — М. : Наука, 1969. — 211 с.

Материал поступил в редакцию 17 июля 2015 г.

Для цитирования: Маскаева Л. Н., Марков В. Ф., Порхачев М. Ю., Мокроусова О. А. Термическая и радиационная устойчивость ИК-детекторов на основе пленок твердых растворов $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2015. — Т. 24, № 9. — С. 67–73. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.67-73.

English

THERMAL AND RADIATION STABILITY IR-DETECTORS BASED ON FILMS OF SOLID SOLUTIONS $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$

MASKAEVA L. N., Doctor of Chemistry Sciences, Professor, Professor of Physical and Colloid Chemistry Department, Ural Federal University named after the first President of Russia Boris Yeltsin (Mira St., 19, Yekaterinburg, 620002, Russian Federation); Professor of Chemistry and Combustion Processes Department, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: mln@ural.ru)

MARKOV V. F., Doctor of Chemistry Sciences, Professor, Head of Physical and Colloid Chemistry Department, Ural Federal University named after the first President of Russia Boris Yeltsin (Mira St., 19, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation); Professor of Chemistry and Combustion Processes Department, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: v.f.markov@urfu.ru)

PORKHACHEV M. Yu., Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of Research, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: ekamike@mail.ru)

MOKROUSOVA O. A., Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of Fire Safety in the Construction Department, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: olgamokrousova@mail.ru)

ABSTRACT

It is studied the thermal and radiation stability of the IR-detectors based on photosensitive films of solid solutions in PbS-CdS system obtained by chemical vapor deposition on a pyroceramics substrate. It is shown that the films exhibit a high stability in the composition and photoelectric properties when heated to 405–410 K at normal conditions and under the influence of irradiation γ -radiation ~ 300 P/min with a set of the total dose up to 10^7 R.

At increase of the CdS content in solid solution to the 17 mol. % “red” limit of the photoanswer moves in short-wave area to 1.6 microns, and a maximum photosensitivity — from 2.5 to 1.2 microns. Frequency of change rate of resistance at a light flare depending on structure of a film is in an interval from 10–100. According to the frequency characteristics photoresistors on their basis are most effective at 298 K for frequencies of the radiation modulation of 0.25–6.0 kHz. At temperature decrease of a sensitive layer to 253 K time constant increases no more, than twice at increase in volts-watt sensitivity by 6–8 times. For a sensitive element of $0.48 \times 0.48 \text{ mm}^2$ on the basis of solid solution $\text{Cd}_{0.062}\text{Pb}_{0.938}\text{S}$ the maximum value of detective ability at 300 K (λ_{max} , 1000 Hz) from a source like “A” made $2.5 \cdot 10^{11} \text{ cm}/(\text{W} \cdot \text{Hz}^{1/2})$.

Keywords: thermal stability; radiation stability; thin film; solid solution $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$; IR-detectors; photosensitivity.

REFERENCES

1. Gorbunov N. I., Medvedev F. K., Diykov L. K., Varfolomeev S. P. Datchiki dlya sistem obespecheniya pozharo- i vzryvobezопасnosti [The sensors for fire safety and explosion protection systems]. *Datchiki i sistemy — Sensors & Systems*, 2004, no. 6, pp. 5–7.
2. *National standard of the Russian Federation 53325–2012. Fire techniques. Means of fire automatics. General technical requirements and test methods*. Moscow, Izdatelstvo standartov, 2014 (in Russian).
3. Shelimova L. Ye., Tomashik V. N., Gritsyv V. I. *Diagrammy sostoyaniya v poluprovodnikovom materialovedenii (sistemy na osnove khalkogenidov Si, Ge, Sn, Pb)* [Phase diagrams of the semiconductor material science: systems based on Si, Ge, Sn, Pb chalcogenide compounds]. Moscow, Nauka Publ., 1991. 256 p.
4. Urusov V. S., Tauson V. L., Akimov V. V. *Geokhimiya tverdogo tela* [Geochemistry of solid state]. Moscow, GEOS Publ., 1997. 500 p.
5. Rabinovich E., Wachtel E., Hodes G. Chemical bath deposition of single-phase (Pb, Cd)S solid solutions. *Thin Solid Films*, 2008, vol. 517, no. 2, pp. 737–744. DOI: 10.1016/j.tsf.2008.08.162.
6. O. Portillo Moreno, M. Chávez Portillo, M. Moreno Flores, J. Martínez Juárez, G. Abarca Ávila, R. Lozada Morales, O. Zelaya Ángel. Properties of chemical bath deposited PbS thin films doped with Cd^{2+} . *Journal of Materials Science and Engineering*, A1, 2011, pp. 759–767.
7. Hamid S. AL-Jumaili. Structural and optical properties of nanocrystalline $\text{Pb}_{1-x}\text{Cd}_x\text{S}$ thin films prepared by chemical bath deposition. *Applied Physics Research*, 2012, vol. 4, no. 3, pp. 75–83. DOI: 10.5539/apr.v4n3p75.
8. Markov V. F., Maskaeva L. N., Kitaev G. A. Predicting the composition of $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ films deposited from aqueous solutions. *Inorganic Materials*, 2000, vol. 36, no. 12, pp. 1421–1423.
9. Markov V. F., Maskaeva L. N., Ivanov P. N. *Gidrokhimicheskoye osazhdeniye plenok sulfidov metallov: modelirovaniye i eksperiment* [Hydrochemical sedimentation of metal sulfides films: modeling and experiment]. Yekaterinburg, Ural Branch of Russian Academy of Sciences Publ., 2006. 218 p.
10. Maskaeva L. N., Markov V. F., Gusev A. I. The effect of cadmium salts on the composition and properties of hydrochemically precipitated $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ solid solution. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, 2004, vol. 49, no. 7, pp. 971–977.
11. Rokakh A. G., Stetsyura S. V., Serdobintsev A. A. Geterofaznyye poluprovodniki pod deystviyem izlucheniya [Heterophase semiconductors under action of irradiations]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: fizika — Izvestiya of Saratov University. New series. Series: Physics*, 2005, vol. 5, no. 1, pp. 92–102.
12. Malyar I. V., Stetsyura S. V. The effect of morphology and surface composition on radiation resistance of heterogeneous material CdS-PbS . *Semiconductors*, 2011, vol. 45, no. 7, pp. 888–893. DOI: 10.1134/s106378261107013x.
13. Kapitsa S. P., Melekhin V. N. *Mikrotron* [Microtron]. Moscow, Nauka Publ., 1969. 211 p.

For citation: Maskaeva L. N., Markov V. F., Porkhachev M. Yu., Mokrousova O. A. Termicheskaya i radiatsionnaya ustoychivost' IK-detektorov na osnove plenok tverdykh rastvorov $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ [Thermal and radiation stability IR-detectors based on films of solid solutions $\text{Cd}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$]. *Pozharovzryvobezопасnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 9, pp. 67–73. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.67-73.

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)

А. И. МЕЛЬНИКОВ, 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

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОГNETУШАЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВОДНЫХ ПЛЕНКО- ОБРАЗУЮЩИХ РАСТВОРОВ ФТОРИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

На основе экспериментальных исследований тушения пламени легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих (ГЖ) жидкостей водными пленкообразующими растворами выявлен механизм тушения пламени, который проходит через стадию формирования "обратной" эмульсии при контакте капель раствора с горящей поверхностью. Получена зависимость удельного расхода и времени тушения пламени ГЖ и ЛВЖ от интенсивности подачи дисперсных струй водных растворов, а также выявлена возможность тушения ГЖ и ЛВЖ распыленными струями пленкообразующих водных растворов, содержащих фторированные ПАВ. Экспериментально установлено, что зависимость удельного расхода раствора от интенсивности подачи проходит через минимум, природа которого связана с наличием сопутствующего фактора — увеличения толщины слоя пены сверху необходимой толщины слоя, обладающего изолирующими свойствами.

Ключевые слова: тушение легковоспламеняющихся и горючих жидкостей; водный пленкообразующий раствор; фторированные ПАВ; огнетушащая способность; удельный расход; время тушения.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.74-81

Тушение распыленной водой легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) с температурой вспышки ниже 0 °С практически невозможно. В работах [1–7] было найдено, что эффект тушения может быть достигнут только при использовании распыленной струи со средним размером капель не более 60 мкм и только в узком диапазоне значений давления воды. Возможность тушения пламени горючих жидкостей (ГЖ) с высокой температурой вспышки, таких, например, как трансформаторное масло, была показана в работе Горшкова [8].

Экспериментальные исследования процесса тушения пламени горючих жидкостей выявили качественно особую зависимость между удельным расходом и интенсивностью подачи распыленной воды, что выражалось в наличии минимума на кривой удельного расхода [9, 10]. Поскольку тушение пламени ЛВЖ чистой водой практически невозможно, то и количественных результатов, иллюстрирующих зависимость времени тушения от интенсивности ее подачи, обнаружить в литературе не удалось. Тем не менее существует качественная иллюстрация экстремальной зависимости удельного расхода от интенсивности подачи распыленной воды [9, 10].

В работах [11–13] была предложена теория, объясняющая существование экстремальной зависимости, которая базируется на принципе возникновения сопутствующего эффекта в процессе тушения пламени горючих жидкостей дисперсными огнетушащими веществами (ОТВ). Основным сопутствующим фактором при тушении пламени распыленной водой и порошком является поток кислорода воздуха, увлекаемого струей дисперсного вещества. Эффект его вовлечения является следствием эжекции струи и нагнетания воздуха дисперсными частицами воды или порошка в очаг горения.

Для демонстрации роли сопутствующего фактора в тушении пламени ГЖ и ЛВЖ дисперсными системами, в частности распыленной водой, а также для установления экстремальной зависимости между удельным расходом и интенсивностью подачи ОТВ были разработаны оригинальные методы исследования огнетушащей способности воды.

Цель экспериментальных исследований — получить зависимость удельного расхода и времени тушения пламени ГЖ и ЛВЖ от интенсивности подачи дисперсных струй водных растворов, а также

выявить возможность тушения ГЖ и ЛВЖ распыленными струями пленкообразующих водных растворов, содержащих фторированные поверхностно-активные вещества (ФПАВ).

Предполагалось, что тушение пламени может быть достигнуто за счет постепенного накопления пленкообразующего раствора на горячей поверхности углеводорода и формирования пленки водного раствора или тонкого слоя пены.

Огнетушащее действие распыленной воды определяется ее дисперсностью, составом водного раствора и типом огнетушителя.

Оценка сравнительной эффективности применения распыленной воды не может быть проведена с использованием готовых огнетушителей различных марок, которые различаются по способу подготовки распыленной воды, режиму подачи и способу распыления.

Для сравнительной оценки огнетушащей способности распыленной воды была создана стендовая установка, в которой подготовка распыленной воды и режим подачи и распыления были одинаковыми. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1.

Важнейшим элементом установки является центробежный распылитель, который должен обеспечивать равномерное орошение и минимальную дисперсность распыленной струи. Как правило, обычные распылители создают струю в виде зонтика, “пустую” внутри, что не позволяет воздействовать на весь факел пламени и горящую поверхность, поэтому в опытах был применен центробежный распылитель (рис. 2).

Исследуемый водный раствор заливали в герметичную емкость, взвешивали и плотно закрывали крышкой. В холостом эксперименте определяли расход водного раствора в секунду при давлении воздуха $(2,0 \pm 0,2)$ атм. Горючую жидкость заливали в металлическую горелку с высотой свободного борта $(1,5 \pm 0,5)$ см. Время свободного горения составляло 60 с. Определяли время, в течение которого достигалось полное тушение горячей жидкости. Затем прекращали подачу воздуха и открывали крышку герметичной емкости с оставшимся водным раствором, после чего взвешивали и определяли массу водного раствора, израсходованного на тушение пламени.

Эксперименты проводили трижды на одной горелке, начиная с минимального диаметра и постепенно переходя к большему. На основе экспериментальных исследований определяли интенсивность подачи раствора и соответствующий удельный расход воды. Для анализа процесса тушения строили график зависимости удельного расхода и времени

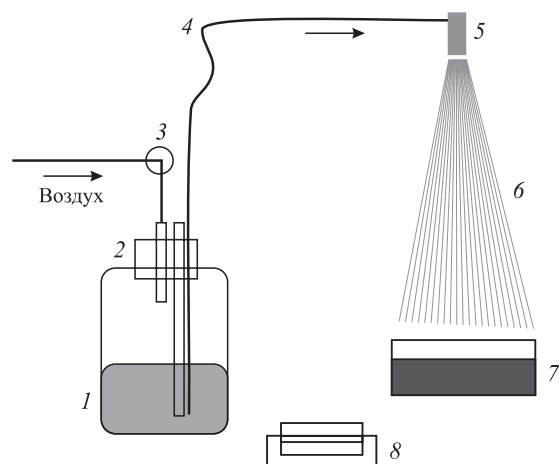


Рис. 1. Стендовая установка для определения сравнительной огнетушащей способности распыленной воды: 1 — водный раствор ПАВ; 2 — герметичная емкость со съемной крышкой; 3 — манометр; 4 — эластичная трубка; 5 — распылитель; 6 — струя распыленной воды; 7 — горелка с горючей жидкостью; 8 — весы

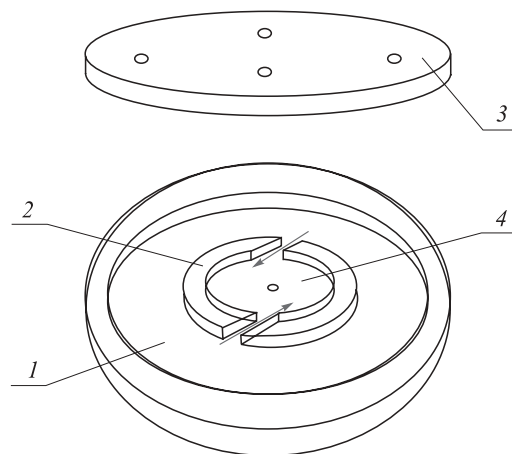


Рис. 2. Схема центробежного распылителя: 1 — кольцевое углубление; 2 — кольцо с косым срезом; 3 — крышка с отверстиями; 4 — центральное отверстие

тушения от интенсивности подачи распыленного раствора.

Экспериментальное исследование процесса тушения проводили путем использования модельных горелок различных диаметров с целью получить зависимость времени тушения и удельного расхода водного раствора от интенсивности подачи распыленной струи. Поскольку тушение ГЖ в лабораторных условиях осуществляли пневматическим распылителем с низким расходом раствора — 1,2 г/с, использовали горелки диаметром от 5 до 20 см.

Поверхностное и межфазное натяжение пленкообразующих водных растворов определяли по методу отрыва кольца по ГОСТ Р 50588–2012 “Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний”. В качестве пленкообразующих растворов использовали

пенообразователи “Shtamex AFFF”, “Шторм Ф” и смеси ПАВ — углеводородных (первичных алкилсульфатов натрия $C_nH_{2n+1}OSO_3Na$ (где $n = 8...10$) — от 0,8 до 3,0 % масс.) и фторированных ($C_6F_{13}CH_2CH_2SO_2NHCH_2CH_2CH_2N(CH_3)_2CH_2CH_2COO$ — от 0,08 до 0,40 % масс.).

Растекание капли воды по поверхности жидкости определяется величиной и знаком поверхностного давления, которое действует по периметру смачивания жидкости и раствора. Движущую силу растекания определяли величиной коэффициента растекания f_σ :

$$f_\sigma = \sigma_r - (\sigma_p + \sigma_{mf}), \quad (1)$$

где σ_r — поверхностное натяжение ГЖ, мН/м;

σ_p — поверхностное натяжение раствора на границе с воздухом, мН/м;

σ_{mf} — межфазное поверхностное натяжение, мН/м.

Величина σ_p составляла 16–19 мН/м, σ_{mf} — 1,0–6,0 мН/м. Для обеспечения растекания капли по углеводородам с $\sigma_r \cong 22$ мН/м водный раствор должен иметь $\sigma_p \cong 16$ мН/м и $\sigma_{mf} = 2,5$ мН/м, тогда $f_\sigma \cong 2,0...3,0$ мН/м.

Изменение соотношения компонентов в смеси позволило направленно регулировать величину коэффициента растекания водного раствора по углеводороду.

На рис. 3 и 4 показаны зависимости коэффициента растекания водного раствора по поверхности дизельного топлива от состава смеси ФПАВ — УПАВ и от концентрации пенообразователя “Шторм Ф”. Коэффициент растекания растворов УПАВ всегда отрицательный, поэтому они не могут использоваться для тушения пламени углеводородов. При оптимальном соотношении компонентов коэффициент растекания изменяется от 7,1 до 8,5 мН/м. Изменение коэффициента растекания водного раствора в широком диапазоне позволило экспериментально проверить огнетушащую способность пленкообразующих растворов.

Для исследований использовали растворы с различным коэффициентом растекания. В качестве горючей жидкости применяли дизельное топливо, гептан и бензин. Выбор дизельного топлива объясняется его высокой температурой вспышки — более 150 °С (ГЖ), тогда как бензин и гептан имеют температуру вспышки ниже 28 °С (ЛВЖ).

На рис. 5 представлены фрагменты свободного горения и процесса тушения дизельного топлива пленкообразующими водными растворами. В отличие от горящего гептана, для которого характерно полупрозрачное пламя желтого цвета, горение дизельного топлива сопровождается выделением черного дыма, а пламя имеет интенсивную оранжевую окраску.

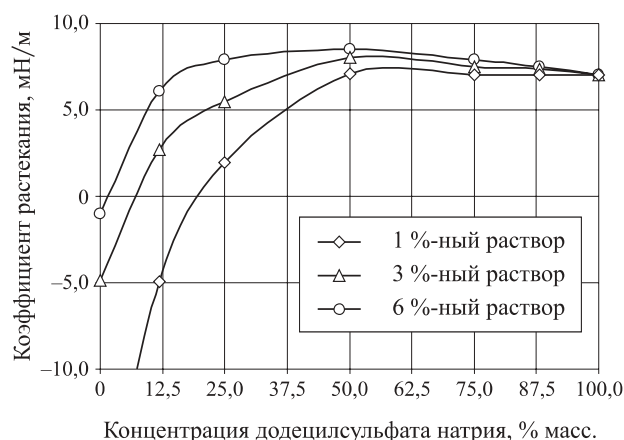


Рис. 3. Зависимость коэффициента растекания водного раствора по поверхности дизельного топлива от состава смеси ФПАВ — УПАВ

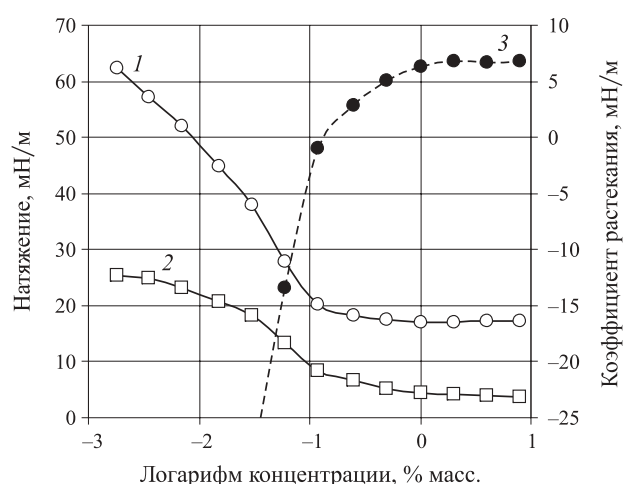


Рис. 4. Зависимость поверхностного (1) и межфазного (2) натяжения и коэффициента растекания (3) водного раствора по поверхности дизельного топлива от концентрации пенообразователя “Шторм Ф”



Рис. 5. Фрагменты процесса тушения дизельного топлива пленкообразующими водными растворами

Процесс тушения дизельного топлива сопровождался охлаждением поверхностного слоя углеводорода и формированием в приповерхностном слое “обратной” эмульсии, которая периодически поднималась на поверхность. При этом поверхность, покрытая эмульсией, не участвовала в испарении, поэтому над ее поверхностью пламени не было.

Механизм формирования “обратной” эмульсии “раствор в масле” происходил за счет взаимодействия капель водного пленкообразующего раствора с

нагретым поверхностным слоем горящего дизельного топлива. При этом небольшая часть малых капель успевала испариться, поэтому эмульсия имела белые прожилки пены. После тушения определяли температуру поверхностного слоя дизтоплива с помощью инфракрасного пирометра. Она составляла 170–180 °С. При этой температуре формирование изолирующей пленки на поверхности практически невозможно. Чем выше коэффициент растекания пленкообразующего водного раствора, тем быстрее формируется “обратная” эмульсия и тем эффективнее протекает процесс тушения пламени.

Результаты тушения дизтоплива с температурой вспышки 170–175 °С водными распыленными растворами смесового состава с размером капель более 100 мкм представлены на рис. 6 и 7. Как видно из рис. 6, график зависимости времени тушения от интенсивности подачи распыленного раствора имеет характерный вид: на нем прослеживается максимум критической интенсивности, при котором время тушения резко возрастает, а при дальнейшем ее увеличении начинает стремиться к постоянной величине. Зависимость удельного расхода от интенсивности подачи раствора имеет явно выраженный минимум, который соответствует оптимальной интенсивности подачи распыленного водного раствора.

Из рис. 7 следует, что влияние коэффициента растекания сказывается на времени тушения пламени дизтоплива, но эффект наблюдается явно в области, близкой к критической интенсивности. Необходимо отметить, что критическая интенсивность для всех растворов с положительным коэффициентом растекания оказалась одинаковой — 0,035 кг/(м²·с).

Форма кривых зависимости удельного расхода от интенсивности подачи распыленного раствора (рис. 8) имеет минимум, положение которого соответствует оптимальной интенсивности. Наличие минимума на кривой *расход — интенсивность* связана с нали-

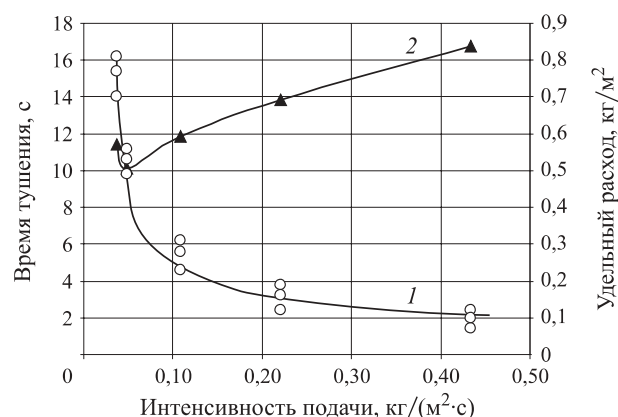


Рис. 6. Зависимость времени тушения пламени дизтоплива (1) и удельного расхода (2) водных пленкообразующих растворов, полученных из пенообразователя “Shtamex AFFF”, от интенсивности их подачи

чием сопутствующего эффекта — увлечения кислорода воздуха распыленной струей водного раствора [11–13].

Тушение пламени бензина проводили также с использованием водных растворов пенообразователей “Шторм Ф”, “Shtamex AFFF” и смеси ФПАВ с УПАВ. В качестве примера представлены изотермы поверхностного и межфазного натяжения на границе с бензином растворов пенообразователя “Шторм Ф” (рис. 9). В соответствии с ними выбирали такую концентрацию пенообразователя для тушения, при которой коэффициент растекания имеет положительное значение.

Процесс тушения пламени бензина распыленным пленкообразующим раствором представлен на рис. 10.

Тушение пламени происходило за счет образования на поверхности углеводорода тонкого слоя

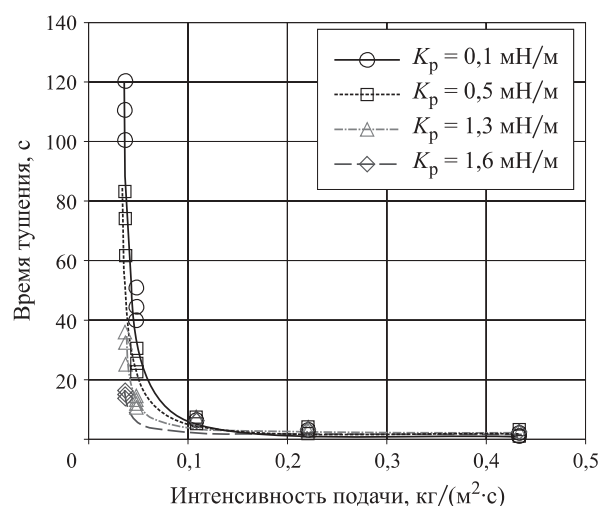


Рис. 7. Зависимость времени тушения пламени дизтоплива водными пленкообразующими растворами, полученными из смесей ФПАВ и УПАВ, с различным коэффициентом растекания K_p

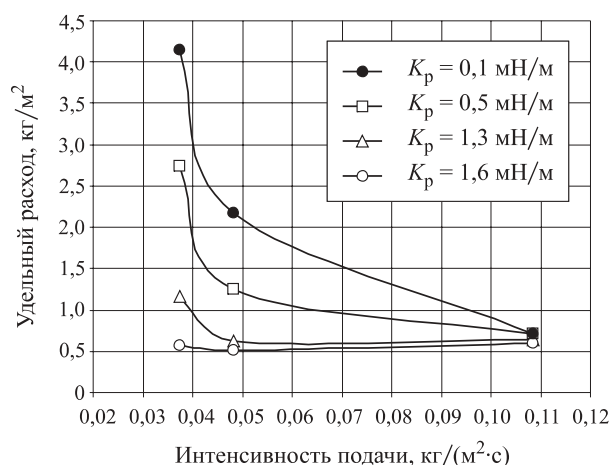


Рис. 8. Зависимость удельного расхода водных пленкообразующих растворов при тушении пламени дизтоплива от интенсивности подачи раствора и коэффициента его растекания

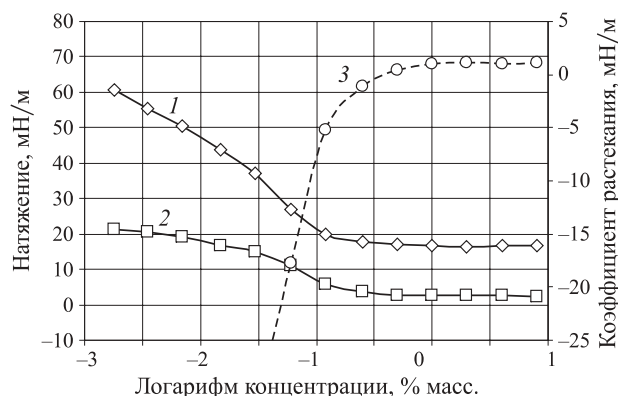


Рис. 9. Изотермы поверхностного (1) и межфазного (2) натяжения и коэффициент растекания (3) водных растворов различной концентрации по бензину пенообразователя “Шторм Ф”

пены. Процесс тушения включал несколько этапов: охлаждение поверхности горящей жидкости, растекание капель раствора на локальных участках и формирование на поверхности тонкого слоя пены. В отличие от способа тушения пеной здесь пена низкой кратности формировалась в процессе взаимодействия капель раствора с водными пленками на поверхности бензина. Механизм процесса образования пены связан с увлечением воздуха каплями, падающими на пленку раствора, которая сформировалась на охлажденных участках горячей поверхности. Тушение пламени достигалось только тогда, когда пена покрывала 80 % поверхности, а оставшуюся ее часть изолировал тонкий слой водного раствора (см. рис. 2). Результаты экспериментальных измерений удельного расхода и времени тушения пламени бензина растворами различных пенообразователей представлены на рис. 11 и 12.

Экспериментальные исследования выявили наличие минимума на кривых зависимости удельного расхода раствора от интенсивности подачи. Это объясняется возникновением сопутствующего эффекта при тушении, который выражается в увеличении толщины тушащего слоя сверх необходимой минимальной толщины слоя, обладающего изолирующими свойствами. Чем выше интенсивность, тем больше потери раствора, которые идут на увеличение толщины пенного слоя.

Количественный анализ процесса тушения бензина пленкообразующими растворами близок к описанию тушения пламени углеводородов пеной низкой кратности, а также огнетушащими порошками, газами и аэрозолями [14–16]. Отличие заключается в механизме формирования пены на поверхности горячей жидкости. При использовании распыленных водных пленкообразующих растворов пена образуется в результате удара капель о поверхность водной пленки. Падающие капли увлекают за собой порции воздуха, которые, углубляясь в водную пленку, формируют пену низкой кратности. Последующие капли раствора орошают слой пены, повышая его изолирующие свойства, что препятствует испарению бензина. По мере образования пенного слоя и его обводнения часть жидкости выделяется из слоя пены в виде тонкого слоя водного раствора. Формирующаяся пленка покрывает поверхность бензина, и горение прекращается, даже если не вся его поверхность оказывается покрытой слоем пены.

Полагая, что поданный в единицу времени τ на тушение пламени раствор частично накапливается на площади поверхности нефтепродукта S_f слоем со средней толщиной h_f , а вторая часть в результате осаждения капель уносится через слой горючей жидкости с усредненной удельной скоростью U_L , получим уравнение

$$q d\tau = \rho_f h_f dS_f + S_f U_L d\tau, \quad (2)$$

где q — секундный расход раствора, кг/с;

ρ_f — плотность пены, кг/м³;

S_f — площадь поверхности водной пленки, подверженной удару капель, м².

Усредненная удельная скорость пропорциональна расходу раствора и среднему размеру капель:

$$U_L = AqD,$$

где A — коэффициент использования раствора при тушении нефтепродукта;

D — средний размер капель, м.

Если $S_f = S_0$, то $\tau = \tau_t$ (где S_0 — площадь горячей жидкости перед тушением, м²; τ_t — время тушения, с). Решив уравнение относительно времени ту-



Рис. 10. Фрагменты процесса тушения бензина пленкообразующими водными растворами

шения пламени, получим простое соотношение для количественной оценки времени тушения и характера зависимости времени тушения от интенсивности подачи пены.

Решение уравнения (2) при начальных условиях $\tau = 0$ и $S_f = 0$ позволяет получить зависимость времени тушения от интенсивности подачи раствора. Интенсивность подачи пленкообразующего раствора J_0 определяется отношением секундного расхода раствора к площади горящей жидкости до начала тушения, т. е. $J_0 = q/S_0$, $J = q/S_f$:

$$\tau_t = -\frac{\rho_f h}{U_L} \ln \left(1 - \frac{J_0}{J} \right), \quad (3)$$

где J — интенсивность подачи пены, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

Полагая, что толщина тушащего слоя зависит от интенсивности подачи раствора, получим:

$$\tau_t = \frac{h_0 \rho_f (3J - 2J_{\text{кр}})}{3U_0 (J - J_{\text{кр}})}, \quad (4)$$

где h_0 — минимальная толщина изолирующего слоя пены, м;

U_0 — усредненная удельная скорость осаждения капель раствора перед тушением, м/с;

$J_{\text{кр}}$ — критическая интенсивность подачи пленкообразующего раствора, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

Удельный расход пены на тушение пламени Q_t ($\text{кг}/\text{м}^2$) может быть рассчитан по формуле

$$Q_t = \frac{h_0 \rho_f J (3J - 2J_{\text{кр}})}{3U_0 (J - J_{\text{кр}})}. \quad (5)$$

Анализ формулы (5) показывает, что зависимость удельного расхода от интенсивности подачи проходит через минимум, положение которого хорошо выражено на рис. 3 и 5. Наличие минимума обусловлено сопутствующим эффектом — увеличением толщины тушащего слоя пены при интенсивности подачи распыленного раствора выше оптимальной.

Таким образом, на основе экспериментальных исследований тушения пламени ЛВЖ и ГЖ водными пленкообразующими растворами выявлен механизм тушения пламени, который проходит через стадию формирования “обратной” эмульсии при контакте капель раствора с горячей поверхностью.

При тушении ЛВЖ процесс тушения проходит через этап образования пены низкой кратности за

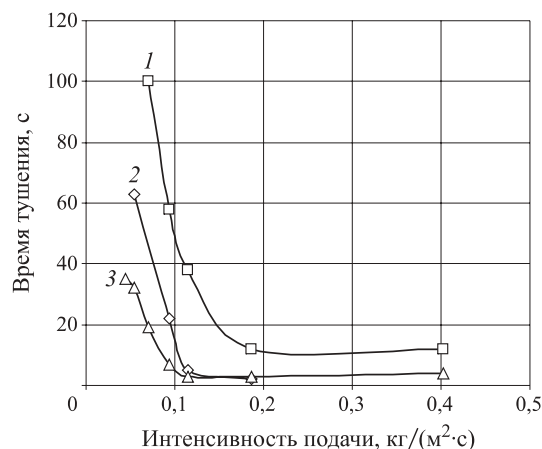


Рис. 11. Зависимость времени тушения пламени бензина от интенсивности подачи распыленной струи на основе пенообразователя “Шторм Ф” с концентрацией: 1 — 0,1 % масс.; 2 — 0,25 % масс.; 3 — 0,5 % масс.

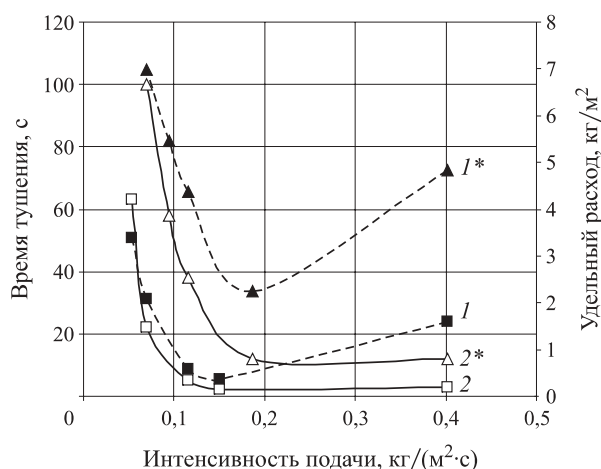


Рис. 12. Зависимость удельного расхода (I , I^*) и времени тушения пламени бензина (2 , 2^*) распыленным раствором смеси ФПАВ и УПАВ (I , 2) и пенообразователя “Shtamex AFFF” (I^* , 2^*)

счет удара капель раствора о поверхность, которые увлекают за собой порцию воздуха в водную пленку на поверхности углеводорода.

Экспериментально также установлено, что зависимость удельного расхода раствора от интенсивности подачи проходит через минимум, природа которого связана с наличием сопутствующего фактора — увеличения толщины слоя пены сверх необходимой толщины слоя, обладающего изолирующими свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинов В. И., Худяков Г. Н. Диффузионное горение жидкостей. — М.: АН СССР, 1961. — 208 с.
2. Петров И. И., Реутт В. Ч. Тушение пламени горючих жидкостей. — М.: Изд. МХР РСФСР, 1961.
3. Дауэнгауэр С. А. Пожаротушение тонкораспыленной водой: механизмы, особенности, перспективы // Пожаровзрывобезопасность. — 2004. — Т. 13, № 6. — С. 78–81.
4. Ольшанский В. П., Ольшанский С. В. К расчету предельной дальности подачи испаряющихся тонкораспыленных огнетушащих веществ установками импульсного пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. — 2005. — Т. 14, № 4. — С. 67–70.

5. Корольченко Д. А., Громовой В. Ю., Ворогушин О. О. Применение тонкораспыленной воды для тушения пожаров в высотных зданиях // Вестник МГСУ. — 2011. — № 1-2. — С. 331–335.
6. Корольченко Д. А. Изменение характеристик горения горючей жидкости при тушении тонкораспыленной водой // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 5. — С. 79–80.
7. Шароварников А. Ф., Корольченко Д. А. Влияние дисперсности капель воды на эффективность тушения пожаров горючей жидкостью // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 12. — С. 69–74.
8. Горшков В. И. Тушение пламени горючих жидкостей. — М. : Пожнаука, 2007. — 267 с.
9. Nash P. The essentials of dry powder and gaseous extinguishing systems // Fire Prev. — 1977. — No. 118. — P. 21–45.
10. Шароварников А. Ф., Корольченко Д. А. Тушение горючих жидкостей распыленной водой // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 11. — С. 70–74.
11. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Анализ двойственного механизма тушения пламени // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 12. — С. 59–68.
12. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Универсальность механизмов тушения пламени различными огнетушащими веществами // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 11. — С. 84–88.
13. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф., Дегаев Е. Н. Лабораторная методика определения изолирующих свойств пены на поверхности гептана // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 4. — С. 72–76.
14. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Тушение пламени огнетушащими порошками и аэрозольными составами // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 8. — С. 63–68.
15. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Особенности тушения пламени высокодисперсными газоаэрозольными системами // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 10. — С. 67–72.
16. Азатян В. В., Горшков В. И., Шебеко Ю. Н., Навценя В. Ю., Яшин В. Я., Корольченко Д. А. Основные факторы, определяющие воздействие газоаэрозольных огнетушащих составов на процессы горения // Пожаровзрывобезопасность. — 1997. — Т. 6, № 4. — С. 3–6.

Материал поступил в редакцию 5 июня 2015 г.

Для цитирования: Шароварников А. Ф., Мельников А. И. Экспериментальные исследования огнетушащей способности водных пленкообразующих растворов фторированных поверхностно-активных веществ // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 9. — С. 74–81. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.74-81.

English

EXPERIMENTAL STUDIES OF FIRE EXTINGUISHING CAPACITY OF THE WATER FILM FORMING SOLUTIONS CONTAINING FLUORINATED SURFACTANTS

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)

MELNIKOV A. I., 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

On the basis of experimental studies of suppression of inflammable and flammable liquids flame by water film forming solutions it is revealed the mechanism of suppression of the flame which passes through the stage of formation of return emulsion during contact of solution drops with the burning surface. Dependence of specific consumption and suppression time of flammable and inflammable liquids flame on the flow rate of disperse streams of water solutions is received. Possibility of suppression of inflammable and flammable liquids by sprayed streams of the film-forming water solutions, containing fluorinated surfactants, is also revealed. It is experimentally established that dependence of solution specific consumption on the flow rate is pass through a minimum point nature of which is connected with existence of a contributing factor — increase of a foam layer thickness above necessary thickness possessing isolating properties.

Keywords: suppression of inflammable and flammable liquids flame; water film forming solution; fluorinated surfactants; fire extinguishing capacity; flow rate; suppression time.

REFERENCES

1. Blinov V. I., Khudyakov G. N. *Diffuzionnoye goreníye zhidkostey* [Diffusion burning of liquids]. Moscow, Russian Academy of Sciences Publ., 1961. 208 p.
2. Petrov I. I., Reutt V. Ch. *Tusheniye plameni goryuchikh zhidkostey* [Suppression of combustible liquids flame]. Moscow, Ministry of Utilities Sector Publ., 1961. 143 p.
3. Dauengauer S. A. Pozharotusheniye tonkoraspylennoy vody: mekhanizmy, osobennosti, perspektivy [Fire extinguishing with fine-dispersed water: mechanism, characteristics, perspectives]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2004, vol. 13, no. 6, pp. 78–81.
4. Olshanskii V. P., Olshanskii S. V. K raschetu predelnoy dalnosti podachi isparayushchikhsya tonkoraspylennykh ognnetushashchikh veshchestv ustanovkami impulsnogo pozharotusheniya [To a calculation of an extreme distance of the delivery of vaporable finely-sprayed fire extinguishing substances with the impulse fire extinguishing devices]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2005, vol. 14, no. 4, pp. 67–70.
5. Korolchenko D. A., Gromovoy V. Yu., Vorogushin O. O. Primeneniye tonkoraspylennoy vody dlya tusheniya pozharov v vysokikh zdaniyakh [Fire extinguishing in tall buildings by using water mist systems]. *Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering*, 2011, no. 1-2, pp. 331–335.
6. Korolchenko D. A. Izmeneniye kharakteristik goreníya goryuchey zhidkosti pri tushenii tonkoraspylennoy vody [Changes in burning characteristics of the combustible liquid during suppression by finely atomized water]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 5, pp. 79–80.
7. Sharovarnikov A. F., Korolchenko D. A. Vliyaniye dispersnosti kapel vody na effektivnost tusheniya pozharov goryuchey zhidkosti [Impact of dispersion of water drops on the efficiency of fire extinguishing of combustible liquid]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 12, pp. 69–74.
8. Gorshkov V. I. *Tusheniye plameni goryuchikh zhidkostey* [Extinguishing of combustible liquids' flame]. Moscow, Pozhnauka Publ., 2007. 267 p.
9. Nash P. The essentials of dry powder and gaseous extinguishing systems. *Fire Prev.*, 1977, no. 118, pp. 21–45.
10. Sharovarnikov A. F., Korolchenko D. A. Tusheniye goryuchikh zhidkostey raspylennoy vody [Extinguishing of combustible liquid by atomized water]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 11, pp. 70–74.
11. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F. Analiz dvoystvennogo mekhanizma tusheniya plameni [Analysis of the dual fire suppression mechanism]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 12, pp. 59–68.
12. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F. Universalnost mekhanizmov tusheniya plameni razlichnymi ognnetushashchimi veshchestvami [Universality of mechanisms of fire suppression by various extinguishing agents]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 11, pp. 84–88.
13. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F., Degaev Ye. N. Laboratornaya metodika opredeleniya izoliruyushchikh svoystv peny na poverkhnosti heptana [Laboratory standard technique for insulating properties of foam on heptane surface]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 4, pp. 72–76.
14. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F. Tusheniye plameni ognnetushashchimi poroshkami i aerezolnymi sostavami [Extinguishing of a flame by dry chemical powders and aerosol compositions]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 8, pp. 63–68.
15. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F. Osobennosti tusheniya plameni vysokodispersnymi gazo-aerezolnymi sistemami [Features of fire extinguishing by finely dispersed gas-aerosol systems]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 10, pp. 67–72.
16. Azatyan V. V., Gorshkov V. I., Shebeko Yu. N., Navtsenya V. Yu., Yashin V. Ya., Korolchenko D. A. Osnovnyye faktory, opredelyayushchiye vozdeystviye gazo-aerezolnykh ognnetushashchikh sostavov na protsessy goreníya [Main factors that determine the exposure of aerosol fire-extinguishing agents on combustion processes]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 1997, vol. 6, no. 4, pp. 3–6.

For citation: Sharovarnikov A. F., Melnikov A. I. Eksperimentalnyye issledovaniya ognnetushashchey sposobnosti vodnykh plenkoobrazuyushchikh rastvorov ftorirovannykh poverkhnostno-aktivnykh veshchestv [Experimental studies of fire extinguishing capacity of the water film forming solutions containing fluorinated surfactants]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 9, pp. 74–81. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.74-81.

**ВОПРОС:**

Выбор материала жил для проводов и кабелей выполняется в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ-6) и зависит от класса взрывоопасной зоны. В п. 7.3.93 ПУЭ-6 указано, что в зонах классов В-I и В-Ia должны применяться провода и кабели с медными жилами, а во взрывоопасных зонах других классов допускается использовать провода и кабели с алюминиевыми жилами.

В «Техническом регламенте о требованиях пожарной безопасности» (Федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (далее — ФЗ 123)) дается иная классификация взрывоопасных зон, а значит, и отличный от ПУЭ-6 порядок выбора материала жил для проводов и кабелей.

Какой материал жил допускается применять для проводов и кабелей во взрывоопасных средах согласно новой классификации зон (по ФЗ 123)?

ОТВЕТ:

Появление новой классификации взрывоопасных зон в ФЗ 123 [1], отличной от классификации по ПУЭ-6 [2], вызвало определенные сложности с выбором для этих зон взрывобезопасных электроустановок. Причиной тому послужила замена классов взрывоопасных зон В-I, В-Ia, В-Iб, В-Iг на 0, 1, 2, а В-II, В-IIa — на 20, 21, 22. В результате зоны классов В-Ia, В-Iб и В-Iг по ПУЭ-6 [2], и, таким образом, для зоны класса 2 стало возможным применение проводов и кабелей с медными (класс зоны В-Ia) или алюминиевыми (классы зон В-Iб и В-Iг) жилами.

Данная проблема была решена в ГОСТ Р 51330.13–99 (не действует с 15.02.2014) путем сохранения п. 7.3.93 ПУЭ-6 [2] с внесением в него небольших изменений. Данный пункт был включен и в ГОСТ 30852.13–2002 (МЭК 60079-14:1996) [3] (вступил в силу 15.02.2014) в следующем виде: *«В зонах классов 0, 1 должны применяться провода и кабели только с медными жилами. В зоне класса 2 допускается применение проводов и кабелей с алюминиевыми жилами»* (см. п. Г.7.2 прил. Г [3]). Из этого следует, что электропроводка с алюминиевыми жилами может применяться в зоне класса 2 только в исключительных случаях, на что указывает слово *«допускается»*.

Порядок применения проводов с алюминиевыми жилами описан в п. 9 ГОСТ 30852.13–2002 [3], ГОСТ Р 52350.14–2006 [4] и ГОСТ IEC 60079-14–2013 [5]. В данном пункте согласно [3, 4] указывается, что провода с алюминиевыми жилами, за исключением электроустановок с искробезопасными цепями, следует использовать только с соединительными устройствами

соответствующей конструкции, а площадь поперечного сечения жил при этом должна быть не менее 16 мм². В п. 9 [5] дополнительно отмечается, что средства, используемые для соединения алюминиевых проводов, не должны приводить к снижению установленного значения путей утечки по поверхности изоляции и величины электрических зазоров, которые определяются с помощью уровня напряжения и/или требований к виду взрывозащиты.

Рассмотренные выше требования [3–5] касаются только проводов. Для кабелей в ГОСТах [4, 5], за исключением п. Г.7.2 ГОСТа [3], указываются только требования к материалам их оболочки и изоляции, способу прокладки, количеству (многожильные или одножильные), форме (круглые или плоские) и площади поперечного сечения жил. При этом требования к материалу самих жил отсутствуют, поэтому в международной практике допускается использовать во взрывоопасных зонах кабели с алюминиевыми жилами.

В заключение хотелось бы отметить, что для обеспечения пожарной безопасности на объектах со взрывоопасными производствами желательно использовать провода и кабели с медными жилами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (в ред. от 23.06.2014): Федер. закон РФ от 22.07.2008 № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008; одобр. Сов. Федерации 11.07.2008 // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). — 6-е изд. — М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. ГОСТ 30852.13–2002 (МЭК 60079-14:1996). Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 14. Электроустановки во взрывоопасных зонах (кроме подземных выработок). — Введ. 15.02.2014. — М.: Стандартинформ, 2014.
4. ГОСТ Р 52350.14–2006. Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 14. Электроустановки во взрывоопасных зонах (кроме подземных выработок). — Введ. 01.01.2007. — М.: Стандартинформ, 2007.
5. ГОСТ IEC 60079-14–2013. Взрывоопасные среды. Часть 14. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок. — Введ. 01.07.2015. — М.: Стандартинформ, 2014.

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

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

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

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ!

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

Редакция просит авторов при подготовке рукописи руководствоваться изложенными ниже правилами.

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

2. Материал статьи должен излагаться в следующем порядке.

2.1. Номер УДК (универсальная десятичная классификация).

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

2.3. Информация об авторах.

2.3.1. Имена, отчества и фамилии всех авторов. Они должны приводиться полностью на русском языке и в транслитерации в соответствии с системой Госдепартамента США, которая в настоящее время является наиболее распространенной (<http://fotosav.ru/services/transliteration.aspx>).

Авторами являются лица, принимавшие участие во всей работе или в ее главных разделах. Лица, участвовавшие в работе частично, указываются в сносках.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Цитируемый текст из других публикаций следует брать в кавычки.

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

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

Иллюстрации в электронной версии прилагаются отдельно. Фотографии должны быть сделаны с хорошего негатива контрастной печатью (файлы растровых изображений представляются с разрешением не менее 300 dpi, черно-белая штриховая графика — 600 dpi). Файлы векторной графики следует предоставлять в формате той программы, в которой они созданы, либо напечатать PDF-файл из этой программы. Все иллюстрации должны иметь сквозную нумерацию. Чертежи и карты в качестве иллюстраций не приемлемы. Ссылки на все рисунки в тексте обязательны.

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

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

Список литературы должен включать библиографические сведения обо всех публикациях, упоминаемых в статье, и не должен содержать указаний на работы, на которые в тексте нет ссылок. Литература должна быть оформлена в виде общего списка в порядке упоминания. В тексте ссылка на литературу отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Библиографические данные приводятся по титульному листу издания. Порядок изложения элементов библиографического описания определяется требованиями ГОСТ 7.1–2003 и ГОСТ Р 7.0.5–2008.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Издательство “ПОЖНАУКА” предлагает Вам оформить подписку на журнал “Пожаровзрывобезопасность” на 2-е полугодие 2015 г., а также годовую подписку.



ПЕРСОНАЛЬНАЯ ПОДПИСКА
на журнал

**ПОЖАРОВЗРЫВО-
БЕЗОПАСНОСТЬ**



ISSN 0869-7493

КУПОН '2015

Издание	Цена подписки, руб.	Количество экземпляров	Стоимость подписки, руб.
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” (2-е полугодие 2015 г.)	5700		
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” (годовая подписка)	10400		

Для соискателей ученой степени кандидата и доктора наук действуют особые условия подписки!

***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 81913 (полугодовой), 70753 (годовой);
через агентство “АПР”,
индекс 83647 (полугодовой), 90121 (годовой)
(в любом почтовом отделении в каталоге
“Газеты и журналы”);

через подписные агентства:
ООО “Урал-Пресс”, ООО “Информнаука”,
ЗАО “МК-ПЕРИОДИКА”



ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Московский государственный
строительный университет

Научно-
исследовательские
и сертификационные
испытания:

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

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

Контакты:

Тел.: (495) 662-69-70

e-mail: ikbs@mgsu.ru

www.ikbs-mgsu.ru