

10-2014

ПОЖ Издательство
НАУКА

ПОЖАРОВЗРЫВО-

БЕЗОПАСНОСТЬ



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0869-7493

КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

пожарная • промышленная • производственная • экологическая



О ВОЗМОЖНОСТИ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ
В СПРИНКЛЕРНЫХ АУП

Всероссийская научно-практическая конференция

ОГНЕЗАЩИТА XXI века

20 ноября 2014 г.,
г. Москва, ГК "Измайлово",
конференц-зал "Васнецов"

Всероссийская научно-практическая конференция посвящена пожарной опасности материалов и конструкций, методам ее понижения средствами огнезащиты.

В работе конференции примут участие представители исполнительной власти, НОСТРОЙ, НОП, специалисты АГПС МЧС России, ФГБУ ВНИИПО МЧС России, Госстройнадзора.

Свои разработки в области огнезащиты представят ведущие российские и европейские производители тонкослойных покрытий и конструктивных систем.

Объектами защиты являются металлические, железобетонные, деревянные, светопрозрачные конструкции, тканые материалы, системы вентиляции и дымогазоудаления, кабельные каналы, проходки, металлические и деревянные двери и т. д.

Участие для слушателей бесплатное.

Модератор конференции: ООО "Строй-Диалог", г. Москва

Тел./факс: (499)166-78-89, +7-925-642-40-86

E-mail: stroidialog@bk.ru

Контактное лицо: КАЛАБУХОВА Татьяна Игоревна



ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА



Национальный союз организаций
в области обеспечения пожарной безопасности



Всероссийский научно-исследовательский институт
противопожарной обороны



Академия Государственной противопожарной
службы МЧС России



Национальное объединение участников
строительной индустрии

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА



**ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ПОКРЫТИЯ**

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

GENERAL QUESTIONS OF FIRE SAFETY

СВЕТУШЕНКО С. Г.
Исследование информационной системы
государственных закупок и ее влияние
на пожарную безопасность объектов надзора

5

SVETUSHENKO S. G.
Research of information system
government procurements and its influence
on fire safety of objects of supervision

ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА

COMBUSTION AND EXPLOSION PROCESSES

ВОЛКОВ Р. С., ЖДАНОВА А. О., СТРИЖАК П. А.
Экспериментальное исследование особенностей изменения
формы капель воды при их движении с умеренными
скоростями через газовую среду

29

VOLKOV R. S., ZHDANOVA A. O., STRIZHAK P. A.
Experimental research of the features of changes
in the form of water droplets at their movement
with moderate rates through the gas area

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЖАРОВ

FIRE MODELING

БАРБИН Н. М., КОБЕЛЕВ А. М.,
ТЕРЕНТЬЕВ Д. И., АЛЕКСЕЕВ С. Г.
Термодинамическое моделирование поведения
радионуклидов при нагреве (сжигании)
радиоактивного графита в парах воды

38

BARBIN N. M., KOBELEV A. M.,
TERENTYEV D. I., ALEXEEV S. G.
Thermodynamic modeling of radionuclide behavior
during heating (burning) of radioactive graphite
in vapours of water

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

FIRE HAZARD OF ELECTROTECHNICAL PRODUCTS

БАРАНОВ М. И., РУДАКОВ С. В.
Пожарная опасность локального нагрева проводов
и кабелей электрических сетей при сверхтоках

48

BARANOV M. I., RUDAKOV S. V.
Fire hazard of local heating of wires and cables
of electric networks at overcurrents

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ОБЪЕКТОВ

FIRE SAFETY OF BUILDINGS, STRUCTURES, OBJECTS

СЕРЕБРЕННИКОВ Д. С., ХУДОЛЕЙ Р. Р., МАРКЕЕВ А. В.
Система обеспечения пожарной безопасности
на предприятиях нефтегазовой отрасли

55

SEREBRENNIKOV D. S., KHUDOLEY R. R., MARKEEV A. V.
Fire safety system of oil and gas
industry

ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

FIRE AUTOMATIC

ГОРБАНЬ Ю. И., СИНЕЛЬНИКОВА Е. А.
Пожарные роботы и ствольная пожарная техника в пожарной
автоматике и пожарной охране. IV. Лафетные стволы

63

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

СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

MEANS AND WAYS OF FIRE EXTINGUISHING

КОРОЛЬЧЕНКО Д. А., ШАРОВАРНИКОВ А. Ф.
Особенности тушения пламени высокодисперсными
газоаэрозольными системами

67

KOROL'CHENKO D. A., SHAROVARNIKOV A. F.
Features of fire extinguishing by finely dispersed
gas-aerosol systems

МЕШМАН Л. М., СНЕГИРЕВ А. Ю.,
ТАНКЛЕВСКИЙ Л. Т., ТАРАНЦЕВ А. А.
О возможности использования пластиковых труб
в спринклерных установках автоматического пожаротушения

73

MESHMAN L. M., SNEGIRYEV A. Yu.,
TANKLEVSKIY L. T., TARANTSEV A. A.
On the possibility of the use of plastic pipes sprinkler
automatic fire extinguishing installations

КОКШАРОВ А. В., МАРКОВ В. Ф.,
БУЧЕЛЬНИКОВ Д. Ю., ТЕРЕНТЬЕВ В. В.
Стабилизация пены низкой кратности натриевой солью
карбоксиметилцеллюлозы

79

KOKSHAROV A. V., MARKOV V. F.,
BUCHELNIKOV D. Yu., TERENTYEV V. V.
Stabilization of high density foams sodium salt
of carboxymethylcellulose

ДИСКУССИИ

DISCUSSION

КАЛАШНИКОВ С. А.
О некоторых положениях статьи Абдурегимова И. М.
и Куприна Г. Н. "Нерешенные проблемы пожаровзрыво-
безопасности энергоресурсов (СУГ и СПГ)
как оборотная сторона успехов энергетической
стратегии Российской Федерации"

84

KALASHNIKOV S. A.
About some positions of article by Abduragimov I. M.
and Kuprin G. N. "Unsolved problems of fire and
explosion safety of energy resources (LPG and LNG)
as the other side of the success of the energy strategy
of the Russian Federation"

ВОПРОС – ОТВЕТ

87

QUESTION – ANSWER

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".
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.



Влияние системы госзакупок на пожарную безопасность



Пожарная безопасность в нефтегазовой отрасли

Стр. 5

Стр. 55



Лафетные стволы

Стр. 63



Тушение газоаэрозольными системами

Стр. 67

Стр. 73



Использование пластиковых труб в спринклерных АУП

Председатель Редакционного совета:

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

Зам. председателя Редакционного совета:

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

Редакционный совет:

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

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

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

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

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

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

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

Меркулов В. А., к. т. н. (Россия)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Шилдс Т. Дж., профессор (Великобритания)

Редакция:

Главный редактор **Корольченко А. Я.**

Шеф-редактор **Соколова Н. Н.**

Редактор **Крылова Л. В.**

Учредитель — ООО "Издательство "ПОЖНАУКА"

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

Адрес редакции: 121108, Россия, г. Москва,
ул. Ивана Франко, д. 4, корп. 10 (фактический);
121352, г. Москва, а/я 43 (почтовый).

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

Подписано в печать 10.10.2014. Выход в свет 25.10.2014.

Формат 60x84 1/8. Тираж 5000 экз.

Бумага мелованная матовая. Печать офсетная.

Отпечатано в типографии ООО "КОДА"

(105082, Россия, г. Москва, Спартаковский пер., д. 2, стр. 1).

**Founder:**

"POZHNAUKA" Publishing House, Ltd.

Editorial Staff:

Editor-in-Chief **Korol'chenko A. Ya.**

Editorial director **Sokolova N. N.**

Editor **Krylova L. V.**

Address of Editorial Staff:

Ivana Franko St., 4/10, Moscow,
121108, 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

Chairman of Editorial Board:

Korol'chenko A. Ya.,

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

Deputy Chairman of Editorial Board:

Molkov V. V.,

Doctor of Technical Sciences, Professor (Great Britain)

Editorial Board:

Baratov A. N.,

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

Barbin N. M.,

Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

Brushlinskiy N. N.,

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

Gorban Yu. I.,

General Director – Chief Designer (Russia)

Kiryukhantsev Ye. Ye.,

Candidate of Technical Sciences, Professor (Russia)

Korol'chenko D. A.,

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

Leybman M. Ye.,

Honoured Builder of the Russian Federation, Retired Colonel General (Russia)

Merkulov V. A.,

Candidate of Technical Sciences (Russia)

Mishuev A. V.,

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

Roytman V. M.,

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

Senin N. I.,

Candidate of Technical Sciences, Professor (Russia)

Serkov B. B.,

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

Puzach C. V.,

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

Tamrazyan A. G.,

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

Telichenko V. I.,

Doctor of Technical Sciences, Professor, Full Member of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Honoured Scientist of the Russian Federation (Russia)

Topolskiy N. G.,

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

Tychino N. A.,

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

Kholshchevnikov V. V.,

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

Shebeko Yu. N.,

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

Thomas Jim Shields,

Professor (Great Britain)

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

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

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

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

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

Signed for printing 10.10.2014

Date of publication 25.10.2014

Format is 60x84 1/8

Printing is 5 000 copies

Chalk-overlay mat paper

Offset printing

С. Г. СВЕТУШЕНКО, директор ООО "Аудит Сервис Оптимум"
(Россия, 600032, г. Владимир, Электроприборовский пр., 2а, оф. 5;
e-mail: aso33@bk.ru, svetushenko@yandex.ru)

УДК 614.841.33

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ЗАКУПОК И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ПОЖАРНУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ НАДЗОРА

Дан анализ информационной системы государственных закупок и ее влияния на пожарную безопасность объектов надзора. Разработаны критерии оценки исполнителей, представлены предложения по улучшению пожарной безопасности при исполнении государственного заказа. Раскрыты способы поиска информации о закупках в области пожарной безопасности объектов надзора.

Ключевые слова: государственные закупки; пожарная безопасность; объект надзора; дерево связей; критерии оценки; капитальный ремонт; градостроительный кодекс; приемка объекта; программы поиска; лицензионный контроль.

Введение

В настоящей работе рассматривается информационная система государственных закупок, размещаемых в ней заказов в сфере пожарной безопасности (рис. 1) на поставку товаров, выполнение работ и оказание услуг для государственных и муниципальных нужд (далее — заказов) и ее влияние на уровень

пожарной безопасности объектов надзора. Излагаются способы информационного поиска; рассматривается использование программ поиска заказов, а также их возможность эффективно информировать органы надзора о проведении работ и об осуществлении деятельности, которые влияют на пожарную безопасность объекта защиты.



Рис. 1. Информационная система государственных закупок и размещаемых в ней заказов по пожарной безопасности

Основная идея работы — показать проблемы в системе госзакупок в области пожарной безопасности и пути их решения; изложить результаты изучения этих проблем, а также размещения заказов, мер по регулированию деятельности заказчиков, совершенствованию технических заданий на заказы; представить возможные программные продукты, позволяющие осуществлять информационный поиск заказов; показать способы выявления в выполненных работах нарушений требований пожарной безопасности [1, 2], в том числе в конкурсной документации (документации об аукционе); исследовать критерии, по которым устанавливается победитель заказа, показав при этом, что победителя будет определять не только предложенная им цена, но и наличие деловой репутации, определенного опыта работы на рынке, численность работников, применяемое оборудование.

Анализ работ и услуг в области пожарной безопасности показал, как несовершенны возможности государственного пожарного надзора, зависящие от потребностей заказчиков, в сфере отношений, связанных с размещением заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд (далее — размещение заказа), особенно тех заказов, которые прямо или косвенно связаны с пожарной безопасностью объектов защиты.

Разрозненность действий государственных органов надзора по выявлению и пресечению нарушений и действий заказчиков при устранении недостатков по замечаниям надзорных органов, отсутствие экономической связки между предложенными в предписаниях (замечаниях) мероприятиями и их реализацией породили целый пласт понятий, открыли “золотую жилу” для многих нечистоплотных заказчиков и подрядчиков.

Состояние пожарной безопасности в сфере государственного заказа нашей огромной страны легко отследить через Единую информационную систему — официальный сайт www.zakupki.gov.ru. Заказы для государственных и муниципальных нужд на размещение работ и услуг в последнее время осуществлялись в соответствии с требованиями Федерального закона № 94-ФЗ [3] (далее — ФЗ-94), на смену которому пришел Федеральный закон № 44-ФЗ [4].

Устранение недостатков по замечаниям (предписаниям) заказчиками (руководителями объектов) строится на получении денег от государства и выполнении работ через систему государственного заказа (рис. 2). Заявка на средства, техническое задание, смета и проектно-сметная документация освоены заказчиками по принципу “лишь бы были деньги от государства”, а вот как фактически устра-



Рис. 2. Схема влияния ошибок заказчика на качество работ

няются эти недостатки, остается тайной за семью печатями.

Интересные парадоксы [5] были порождены прежде всего самими органами надзора, отсутствием методической поддержки заказчика на этапе составления технического задания (информационной карты, условий выполнения работ и услуг). Отсутствие правовых оснований и возможности принимать в эксплуатацию смонтированные системы и работы после их окончания; отсутствие активной позиции аккредитованных лиц и служб пожарных лабораторий; отсутствие координации в действиях заказчика и организаций ВДПО приводят к существенным искажениям того, что отметил в предписании инспектор, и того, что фактически выполнил заказчик на объекте защиты. Самым простым и действенным способом обеспечения информацией было бы размещение на сайте МЧС рубрики “Образцы технических заданий на выполнение работ и услуг в области пожарной безопасности” или “Типовые решения по АПС, СОУЭ, дымоудалению, ПК, тамбур-шлюзам” (по аналогии с постановлением Правительства РФ № 791 [6]). Такие искажения наблюдаются на всех этапах выполнения работ и услуг.

Самые негативные из этих искажений — это те, которые влекут за собой новые замечания (при плановой/внеплановой проверке объекта). В технических заданиях по котировкам/аукционам приходится сталкиваться с решениями, не отвечающими современным требованиям пожарной безопасности (применение неогнестойких электрических кабелей и проводов, отсутствие современных требований по блокам бесперебойного питания, отсутствие контроля шлейфов оповещения на обрыв и КЗ, применение неконструктивных материалов для огнезащиты

зданий I и II степеней огнестойкости, устройство тамбур-шлюзов в тех местах, где они будут препятствовать свободному проходу, вследствие чего их двери всегда будут находиться в открытом и “подпертом” состоянии).

Есть и такие решения, внедрение которых приводит попросту к обкрадыванию государства, а именно: “бесцельные” испытания дважды в год пожарных кранов лицензированной организацией (при отсутствии давления в сети); установка задвижек на обводных линиях счетчиков воды (хотя при отсутствии давления в городской сети никакая обводная линия счетчика не поможет); разработка “пожарных деклараций” (на сотни тысяч рублей бюджетных денег); расчеты величины пожарного риска вместо реального устранения недостатков по замечаниям инспекторов Госпожнадзора.

В ряду искажений требований пожарной безопасности встречаются и такие, которые приводят к изыманию денег из бюджета, но однозначно не повышают пожарную безопасность (рис. 3). К ним относится, например, первоочередность выполнения мероприятий, которая определяется заказчиком исходя из “доходности” выполняемых работ. Приведем некоторые примеры таких доходных работ:

- *огнезащита*: цены в сметах на работы по огнезащите приводятся с завышением в несколько раз (чтобы “своему подрядчику было хорошо”); указываются “лишние” работы, в которых не бы-

ло необходимости, а также работы на тех конструкциях, которые уже были обработаны;

- *пожарная сигнализация*: содержатся требования по “приемке объекта” инспекцией; в целях экономии средств “забывают” указать, что при монтаже АПС необходимо сделать систему оповещения людей о пожаре; в смете для больниц вместо огнестойкого электрокабеля указывают электрокабель “без исполнения”; указывают очень короткие сроки производства работ (под “своего подрядчика” или в случае, когда работы закончены).

Среди так называемых низкоэффективных работ по устранению недостатков по замечаниям инспектора (“модные” замечания) отмечаются работы по тамбур-шлюзам, изготовлению планов эвакуации, установке дорогих импортных или сложных адресных систем в зданиях, где персонал подготовлен слабо (больницы, дома престарелых, школы), испытанию ПК.

Среди работ по обслуживанию систем пожарной автоматики наблюдается повальное снижение цен на обслуживание или “заказы под конкретных подрядчиков”. Естественно, что из-за этого ни качество, ни сроки проверки системы АПС не соблюдаются, не говоря уже о том, что это не способствует профессиональному росту монтажников на малых предприятиях.



Рис. 3. Проблемные аспекты в сфере работ и услуг в области пожарной безопасности в рамках государственных закупок

Состояние нормативного правового регулирования в области федерального государственного пожарного надзора

Нормативное правовое регулирование в области пожарной безопасности осуществляется в соответствии со ст. 20 Федерального закона № 69-ФЗ [1] (далее — ФЗ-69). Нормативное правовое регулирование, а также надзор и контроль в области обеспечения пожарной безопасности являются функциями МЧС России.

Нормативные правовые акты, устанавливающие обязательные требования к деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей в области пожарной безопасности, разрабатываются в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации № 1009 [7].

Достаточность, полнота и объективность обязательных требований, содержащихся в нормативных правовых актах, обеспечивается многоступенчатым обсуждением проектов документов, которые размещаются на официальном сайте МЧС России. Научная обоснованность обеспечивается тем, что их разработка (участие в разработке, проведение научно-технической экспертизы) осуществляется научно-исследовательскими и учебными заведениями МЧС России.

Все основные законодательные и иные нормативные правовые акты, устанавливающие обязательные требования к юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям по линии федерального государственного пожарного надзора (далее — ФГПН), находятся в свободном доступе на официальном сайте МЧС России.

В целях обнаружения признаков коррупциогенности МЧС России проводит антикоррупционную экспертизу при подготовке проектов нормативных правовых актов, а также в процессе мониторинга применения действующих нормативных правовых актов.

Для проведения мероприятий по контролю и осуществлению возложенных на МЧС России функций налажено взаимодействие органов ФГПН с другими органами государственного контроля (надзора).

В 2012 г. приняты и вступили в силу два основополагающих документа взамен утративших силу:

- Положение о федеральном государственном пожарном надзоре [8];
- Административный регламент исполнения государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности [9].

Федеральным законом № 117-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»» [10] пересмотрены положения, касающиеся принципа применения требований к объектам защиты, которые по-

строены, запроектированы или проектная документация на которые направлена на экспертизу до вступления в силу Технического регламента [2].

В соответствии с ФЗ-69 [1] федеральный государственный пожарный надзор — это деятельность уполномоченных федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов РФ, осуществляющих переданные полномочия, а также подведомственных им государственных учреждений, направленная на предупреждение, выявление и пресечение нарушений организациями и гражданами требований, установленных законодательством РФ о пожарной безопасности (обязательные требования), посредством организации и проведения проверок деятельности организаций и граждан, состояния используемых (эксплуатируемых) ими объектов защиты; проведения мероприятий по контролю на лесных участках, на подземных объектах, при ведении горных работ, производстве, транспортировке, хранении, использовании и утилизации взрывчатых материалов промышленного назначения; принятия предусмотренных законодательством РФ мер по пресечению и (или) устранению выявленных нарушений, и деятельность указанных уполномоченных органов государственной власти по систематическому наблюдению за исполнением требований пожарной безопасности, анализу и прогнозированию состояния исполнения указанных требований при осуществлении организациями и гражданами своей деятельности.

В связи с изменением предмета государственного надзора в области пожарной безопасности (в настоящее время предметом надзора являются объекты защиты — здания и сооружения), а также с учетом специфики предмета государственных надзоров в области гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (включая вопросы защиты государственной тайны на поднадзорных объектах) проведение совместных проверок государственными надзорами МЧС России с государственными надзорами других органов исполнительной власти признано нецелесообразным [11].

В соответствии с ФЗ-69 [1] федеральный государственный пожарный надзор, за исключением ФГПН, осуществляемого в лесах, на подземных объектах, при ведении горных работ, производстве, транспортировке, хранении, использовании и утилизации взрывчатых материалов промышленного назначения, осуществляется должностными лицами органов государственного пожарного надзора, находящихся в ведении федерального органа исполнительной власти, уполномоченного решать задачи в области пожарной безопасности.

Передача полномочий по осуществлению ФГПН органам исполнительной власти субъектов РФ не производилась. В то же время указанными полномочиями были наделены 48 государственных казенных учреждений МЧС России (специальные подразделения федеральной противопожарной службы), созданных в целях организации профилактики и тушения пожаров в закрытых административно-территориальных образованиях, особо важных и режимных организациях.

Взаимосвязь ФГПН и сферы действия Федерального закона № 94

Согласно Федеральному закону № 294-ФЗ [12] федеральный государственный пожарный надзор является одним из видов государственного контроля (надзора). В свою очередь государственный контроль (надзор) определяется как деятельность уполномоченных органов государственной власти (федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов РФ), направленная на предупреждение, выявление и пресечение нарушений юридическими лицами, их руководителями и иными должностными лицами, индивидуальными предпринимателями, их уполномоченными представителями требований, установленных настоящим Федеральным законом, другими федеральными законами и принимаемыми в соответствии с ними иными нормативными правовыми актами РФ, законами и иными нормативными правовыми актами субъектов РФ (далее — обязательные требования), посредством организации и проведения проверок юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, принятия предусмотренных законодательством РФ мер по пресечению и (или) устранению последствий выявленных нарушений, а также деятельность указанных уполномоченных органов государственной власти по систематическому наблюдению за исполнением обязательных требований, анализу и прогнозированию состояния исполнения обязательных требований при осуществлении деятельности юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями.

Иначе говоря, систематическое наблюдение за исполнением обязательных требований, анализ и прогнозирование состояния исполнения обязательных требований при осуществлении деятельности юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями также относятся к деятельности указанных уполномоченных органов государственной власти.

Федеральный закон № 94-ФЗ [3] регулирует отношения, связанные с размещением заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных, муниципальных нужд и нужд

бюджетных учреждений, в том числе устанавливает единый порядок размещения заказов в целях обеспечения единства экономического пространства на территории России при размещении заказов, эффективного использования средств бюджетов и внебюджетных источников финансирования, расширения возможностей для участия физических и юридических лиц в размещении заказов и стимулирования такого участия, развития добросовестной конкуренции, совершенствования деятельности органов государственной власти и органов местного самоуправления в сфере размещения заказов, обеспечения гласности и прозрачности размещения заказов, предотвращения коррупции и других злоупотреблений в сфере размещения заказов.

ФЗ-94 [3] регулирует отношения в целях развития добросовестной конкуренции, совершенствования деятельности органов государственной власти и органов местного самоуправления в сфере размещения заказов, обеспечения гласности и прозрачности размещения заказов, предотвращения коррупции и других злоупотреблений в сфере размещения заказов. В ФЗ-94 установлены требования к конкурсной документации, которая должна содержать требования, установленные заказчиком, уполномоченным органом к качеству, техническим характеристикам товара, работ и услуг; требования к их безопасности; требования к функциональным характеристикам (потребительским свойствам) товара; требования к размерам, упаковке и отгрузке товара; требования к результатам работ и иные показатели, связанные с определением соответствия поставляемого товара, выполняемых работ и оказываемых услуг потребностям заказчика, т. е. те самые требования, от которых зависит последующее выполнение работ или услуг в области пожарной безопасности.

Вместе с тем имеющиеся ограничения по требованиям к квалификации участника размещения заказа, включая наличие у него опыта работы, требованиям к его деловой репутации, требованиям по наличию у него производственных мощностей, технологического оборудования, трудовых, финансовых и других ресурсов, необходимых для производства товара, поставка которого является предметом контракта, выполнения работ и оказания услуг, являющихся предметом контракта, не затрагивают сферу пожарной безопасности. В ФЗ-94 [3] отдельно указано требование по недопущению включения в документацию об аукционе (в том числе в форме требований к качеству, техническим характеристикам товара, работ и услуг, к функциональным характеристикам товара) требований к производителю товара, к участнику размещения заказа (в том числе требования к квалификации участника размещения заказа, включая наличие у него опыта работы), а так-

же требования к его деловой репутации, требования по наличию у него производственных мощностей, технологического оборудования, трудовых, финансовых и других ресурсов, необходимых для производства товара, поставка которого является предметом контракта, выполнения работ и оказания услуг, являющихся предметом контракта, *за исключением случаев, когда возможность установления таких требований к участнику размещения заказа предусмотрена настоящим Федеральным законом.*

Как уже отмечалось выше, ФЗ-94 [3] утрачивает силу с 01.01.2014 г. в связи с принятием Федерального закона № 44-ФЗ “О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд” [4].

В соответствии с распоряжением Правительства РФ № 2019-р утвержден “Перечень товаров, работ, услуг, в случае осуществления закупок которых заказчик обязан проводить аукцион в электронной форме (электронный аукцион)” [13]. В указанный перечень входят строительные работы, отнесенные к 45-му коду по Общероссийскому классификатору продукции по видам экономической деятельности (ОКПД) ОК 034–2007*. В перечне [13] содержатся коды ОКПД, которые относятся к области пожарной безопасности:

- 45.31.2 — работы по монтажу систем пожарной и противозломной (охранной) сигнализации и антенн в жилых зданиях;
- 45.32.12 — работы по противопожарной защите;
- 45.32.20 — работы по монтажу спринклерных систем;
- 45.32.12.130 — работы по противопожарной защите (повышению огнестойкости конструкций);
- 45.33.20 — работы по монтажу водопроводных и канализационных систем; работы по монтажу спринклерных систем; работы по монтажу сухих стояков, например, в системах напорных водопроводов для пожаротушения (включая гидранты пожарные с выходными патрубками и пожарными рукавами);
- 45.33.20.113 — работы по устройству систем пожаротушения, выполняемые по индивидуальным заказам;
- 45.42.11 — работы по установке противопожарных дверей;
- 45.45.13 — работы по повышению огнестойкости конструкций.

Практически весь спектр работ по пожарной безопасности размещается в заказах через электронный аукцион. Большинство работ проводится заказчиком через систему закупок, а значит, и вся информация о наиболее значимых из них и наиболее капиталоемких работах доступна через систему закупок (через официальный сайт).

Следует отметить и тот факт, что Федеральным законом № 232-ФЗ определен новый порядок осуществления надзорных функций за требованиями пожарной безопасности при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте объектов капитального строительства [14]. Одновременно законом [14] признаны утратившими силу положения ст. 6 ФЗ-69 [1], касающиеся прав государственных инспекторов по пожарному надзору в части:

- участия в работе комиссий по выбору площадок (трасс) строительства и в приемке завершенных строительством (реконструкцией) объектов [15];
- рассмотрения и согласования градостроительной и проектно-сметной документации на строительство, капитальный ремонт, реконструкцию, расширение и техническое переоснащение организаций, зданий, сооружений и других объектов при обоснованных отступлениях от действующих требований или при отсутствии указанных требований;
- проведения выборочных проверок в организациях, выполняющих проектные и проектно-изыскательские работы, в части соответствия разрабатываемой документации требованиям пожарной безопасности.

Вместе с тем из сферы градостроительного регулирования [16] были исключены и такие работы, которые раньше относились к капитальному ремонту. Для проведения капитального ремонта не требуется разрешение на строительство (ст. 1 п. 14.2, ст. 48, 49, 51, 52 [14]) и, как следствие, допуск, а также выданное саморегулируемой организацией (СРО) свидетельство о допуске к работам по организации строительства. Согласно приказу Минрегиона [17] Перечень [13] не включает в себя виды работ по подготовке проектной документации, строительству, реконструкции и капитальному ремонту в отношении объектов, для которых не требуется выдача разрешения на строительство в соответствии с пп. 1–4, 5 ч. 17 ст. 51 Градостроительного кодекса Российской Федерации [14].

Целый пласт работ теперь неподконтролен и органам государственного строительного надзора. В капитальный ремонт входит (п. 14.2 ст. 1 [14]) замена и (или) восстановление строительных конструкций объектов капитального строительства или элементов таких конструкций, за исключением несущих строительных конструкций, *замена и (или) восстановление систем инженерно-технического обеспечения и сетей инженерно-технического обеспечения* объектов капитального строительства или их элементов, а также замена отдельных элементов несущих строительных конструкций на аналогичные или иные, улучшающие показатели таких конструкций, элементы и (или) восстановление указанных элементов (рис. 4).



Рис. 4. Капитальный ремонт объектов надзора

В соответствии с ФЗ-69 [1] основанием для проведения внеплановой проверки (рис. 5) является: "...3) поступление в орган государственного пожарного надзора:

сведений от организаций, уполномоченных владеть, пользоваться или распоряжаться объектом защиты, о вводе объекта защиты в эксплуатацию после строительства, технического перевооружения, реконструкции, капитального ремонта или об измене-

нии его класса функциональной пожарной безопасности;

...информации от органов государственной власти (должностных лиц органа государственного пожарного надзора), органов местного самоуправления, из средств массовой информации о фактах нарушений требований пожарной безопасности при использовании (эксплуатации) объектов защиты, о проведении работ и об осуществлении деятельности, влияющих на пожарную безопасность объекта защиты, о несоответствии объектов защиты требованиям пожарной безопасности, ...если такие нарушения создают угрозу причинения вреда жизни, здоровью людей, вреда животным, растениям, окружающей среде, безопасности государства, имуществу физических и юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, угрозу возникновения пожара либо влекут причинение такого вреда, возникновение пожара... (ст. 6.1)".

Аналогичные положения содержатся в п. 47 [8]. Основанием для начала проведения внеплановой проверки может быть информация:

- о вводе объекта защиты в эксплуатацию после строительства, технического перевооружения, реконструкции, капитального ремонта или об изменении его класса функциональной пожарной опасности;
- о проведении работ и об осуществлении деятельности, влияющих на пожарную безопасность объекта защиты.



Рис. 5. Проведение мероприятий по контролю и их влияние на заказы



Рис. 6. Возможности воздействия органов ГПН на заказчика работ и услуг

Любая работа или услуга в области пожарной безопасности оказывает влияние на пожарную безопасность объекта защиты в ту или иную сторону. Однако не всякий вид работ и не всякая строительная деятельность могут влиять на пожарную безопасность объекта защиты. Только анализируя характер выполненных или предстоящих работ, можно прийти к выводу о необходимости проведения внеплановых мероприятий по контролю в целях пресечения нарушений требований пожарной безопасности: будь то ремонт кровли, где присутствовал опасный фактор — разогрев битума (и нужно понимать, что риск пожара при таких работах достаточно велик), или работы по оснащению здания больницы устаревшими системами пожарной сигнализации (при этом в технических заданиях не были учтены вопросы сопряжения систем включения насосов-повысителей и пожарной сигнализации, оснащения системой вывода сигнала в пожарное депо). В таких случаях своевременное вмешательство позволит устранить причины нарушений или предотвратить сами нарушения. Форма вмешательства может быть разной: это и проведение внепланового мероприятия по контролю, направление информации самому заказчику в преддверии заключения контракта или к моменту завершения работ по исполнению контракта, наличие типового задания на выполнение противопожарных работ (типового проекта); это своевременно поданная информация о всех выполненных на объекте защиты работах и услугах в

период проведения планового мероприятия по контролю (при привлечении ИПЛ для проверки систем ППЗ). Анализируя размещенные заказы, можно своевременно предотвратить (рис. 6) негативные последствия нарушений требований пожарной безопасности, исключить нарушения и усовершенствовать механизм размещения заказов, относящихся к пожарной безопасности объекта защиты.

Структура системы закупок в Российской Федерации

Согласно сведениям, представленным на официальном сайте <http://zakupki.gov.ru/epz/main/public/home.html>, структура информации по закупкам выглядит следующим образом (рис. 7).

Особенностью системы закупок является то, что размещение заказа может осуществляться: путем проведения торгов в форме конкурса, аукциона, в том числе аукциона в электронной форме; без проведения торгов (запрос котировок, у единственного поставщика (исполнителя, подрядчика), на биржах). Причем один раз в квартал заказчик может размещать заказы у единственных поставщиков на общую сумму 400 тыс. руб. для театров, учреждений, осуществляющих концертную деятельность, государственных образовательных учреждений, телерадиовещательных учреждений, цирков, музеев, домов культуры, клубов, библиотек, архивов, и на общую сумму 100 тыс. руб. — для иных объектов (ст. 55 [3]). Это позволяет обеспечивать потребности учреж-



Рис. 7. Информация по закупкам за 2012 и 2013 гг.

дений (заказчиков) по небольшим объемам работ (услуг), включая потребности в области пожарной безопасности.

Анализируя представленную информацию, можно прийти к выводу о широком охвате государственными закупками всех сфер деятельности общества, широком вовлечении многих министерств и ведомств в размещение заказов на поставки товаров, выполнение работ и оказание услуг для государственных и муниципальных нужд. Превалирующими заказами по цене заключенных контрактов являются заказы, отнесенные к работам по строительству, реконструкции и капитальному ремонту объектов капитального строительства, автомобильных дорог общего пользования, временных построек, киосков, навесов и других подобных построек (41,72 %).

Структура системы закупок элементов и средств обеспечения пожарной безопасности

Пожарная безопасность объекта защиты — состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара (ОФП). Каждый объект защиты должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности. Целью создания такой системы является предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и защита имущества при пожаре. Система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты включает в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты, комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты в обязательном порядке должна содержать комплекс мероприятий, исключающих возможность превышения величины допустимого пожарного риска, установленной Федеральным законом [2], и направленных на предотвращение опасности причинения вреда третьим лицам в результате пожара.

Система предотвращения пожара — комплекс организационных мероприятий и технических средств, исключающих возможность возникновения пожара на объекте защиты.

Система противопожарной защиты — комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на защиту людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий воздействия опасных факторов пожара на объект защиты (продукцию).

В период с 2011 по 2013 гг. во Владимирской обл. было заявлено приблизительно 367 заказов, касающихся пожарной безопасности (при поиске были исключены поставка запасных частей для пожарной техники, поставка оборудования, ремонт квартир после пожара) (табл. 1 и 2).

Здесь следует отметить, что в первую очередь выборка из сведений, представленных на официальном сайте <http://zakupki.gov.ru>, велась по ключевым словам или части слов. При этом были исключены слова и словосочетания: *запасных, поставка, автомобилист, ремонт автомобилей, автомобиля*. Тем самым поиск заказов был ограничен областью работ, напрямую связанных с пожарной безопасностью и исключающих поставку запасных частей для пожарных автомобилей, ремонт пожарных автомобилей и прочие заказы, не связанные с работами и услугами на объектах. При проведении ремонтов и отделочных работ немаловажно, какие будут использоваться отделочные материалы и каким образом будут восстановлены системы пожарной сигнализации после

Таблица 1. Распределение заказов по способу проведения торгов в период с 2011 по 2013 гг.

Регион	Способ проведения торгов					Суммарное количество
	Открытый конкурс	Запрос котировок	Открытый аукцион в электронной форме	Коммерческие заказы	Заказы по 223-ФЗ	
Владимирская обл.	1059	23 513	35 657	2428	3642	66 299
Москва	37 646	141 937	314 827	106 670	116 301	717 381
Российская Федерация	142 791	2 852 162	2 886 499	597 554	650 251	7 129 257

Таблица 2. Распределение заказов, касающихся элементов и систем пожарной безопасности, в период с 2011 по 2013 гг.

Регион	Количество заказов		Доля заказов в сфере пожарной безопасности, % от всех заказов
	в сфере пожарной безопасности	всего	
Владимирская обл.	638	66 299	0,96
Москва	8901	717 381	1,24
Российская Федерация	79 708	7 129 257	1,11

отделочных работ. Это в первую очередь касается объектов здравоохранения, подвергавшихся в последнее время повсеместной модернизации и ремонту (табл. 3 и 4).

Структура потребностей дана на примере объектов управления образования г. Владимира, в том числе объектов образования (школ, детских садов), как наиболее характерных объектов по разнообразию противопожарных замечаний, а также как наиболее проверяемых в течение года по сравнению с прочими объектами надзора.

Укрупненные и обобщенные замечания по пожарной безопасности на объектах образования г. Владимира представлены ниже:

- заменить покрытие полов на путях эвакуации;
- выходы из подвала обособить от общих лестничных клеток;
- установить тамбур-шлюзы с подпором воздуха в подвале;
- отсутствуют вторые эвакуационные выходы в помещениях групп 2-го этажа;
- выход из подвального этажа не обособлен от лестничной клетки;
- установить вытяжную противодымную вентиляцию (коридор подвального помещения);
- оборудовать двери лестничных клеток уплотнениями в притворах;
- заменить пожарные шкафы, выполненные из горючего материала, на шкафы из негорючего материала, отвечающие требованиям НПБ 151–2000;
- провести эксплуатационные испытания ограждений, установленных по периметру кровли здания школы;

Таблица 3. Структура заказов по пожарной безопасности за 2013 г.

Вид заказов	Количество заказов по регионам	
	Москва	Владимирская обл.
Не вошедшие в группировки (выборка по слову <i>пожар</i>)	1919	171
Обслуживание пожарной сигнализации	191	64
Системы пожаротушения автоматические	112	15
Испытание и ремонт противопожарного водопровода, пожарных кранов	104	6
Огнезащита конструкций	41	14
Системы противодымной защиты	18	3
Пожарный аудит, расчеты пожарного риска	11	3
Установка противопожарных дверей	96	4

Таблица 4. Структура заказчиков по пожарной безопасности за 2013 г. по Владимирской обл.

Заказчик	Количество заказчиков
Объекты здравоохранения	48
Администрация	8
Памятники истории и культуры, музеи	7
Объекты образования — школы, институты	3
Объекты образования — детские сады	3
Объекты системы МВД, УФСИН	38
Объекты казначейства	29
Прочие объекты	144
Всего	280

- ширина существующего выхода менее требуемой ширины эвакуационного выхода;
- установить аварийное освещение в подвальном помещении здания (коридор);
- провести текущий ремонт электроосвещения, заменить электропроводку;
- оборудовать помещения системой автоматической противопожарной защиты, АПС, СОУЭ;

- обеспечить требуемый предел огнестойкости дверей пожароопасных помещений, кладовых;
- заменить газовые плиты на электрические;
- не обеспечена требуемая ширина лестничных площадок внутренней и наружных лестничных клеток;
- обеспечить ширину эвакуационных выходов из групп не менее 1,20 м;
- степень огнестойкости пристроенных веранд не соответствует требованиям;
- провести проверку огнезащитной обработки чердака;
- разработать фотолюминесцентные планы эвакуации;
- обеспечить средствами индивидуальной защиты;
- не установлена задвижка с электроприводом на вводе внутреннего противопожарного водопровода для пропуска требуемого расхода воды;
- обеспечить на дверях складских помещений обозначение их категории по взрывопожарной и пожарной опасности.

Таким образом, государственные закупки элементов и средств обеспечения пожарной безопасности объектов защиты составляют, как правило, 1–1,5 % от всех размещаемых заказов на официальном сайте. Это число не является постоянным и колеблется в зависимости от сложившейся экономической и бюджетной обстановки в государстве. После происшедших громких и резонансных пожаров (дома-интернаты, ночной клуб “Хромая ло-

шадь”) заказчики, как правило, осуществляли закупки у единственного поставщика без размещения их на официальном сайте. Количество размещаемых заказов, структура и виды закупаемых элементов обеспечения пожарной безопасности, характер работ и услуг сильно зависят от тех мероприятий, которые предлагают инспектора отделов надзорной деятельности УНД ГУ МЧС субъектов РФ.

Характер видов заказов, как правило, повторяет стилистику мероприятий, указанных в предписаниях, либо объявляются комплексные заказы, направленные на устранение сразу нескольких нарушений пожарной безопасности, например, в рамках капитального ремонта объекта. Среди заказов могут быть и такие, название которых не содержит слов о пожарной безопасности или, на первый взгляд, не относится к сфере пожарной безопасности. В таких случаях только путем изучения конкурсной документации можно определить их отношение к области пожарной безопасности. Среди размещаемых заказов есть заказы, которые выполняются в рамках строительных работ, но содержат в себе работы и услуги, выполняемые в соответствии с “Положением о лицензировании деятельности по монтажу, техническому обслуживанию и ремонту средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений” [18] организацией, имеющей лицензию МЧС России на деятельность по монтажу, техническому обслуживанию и ремонту средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений.

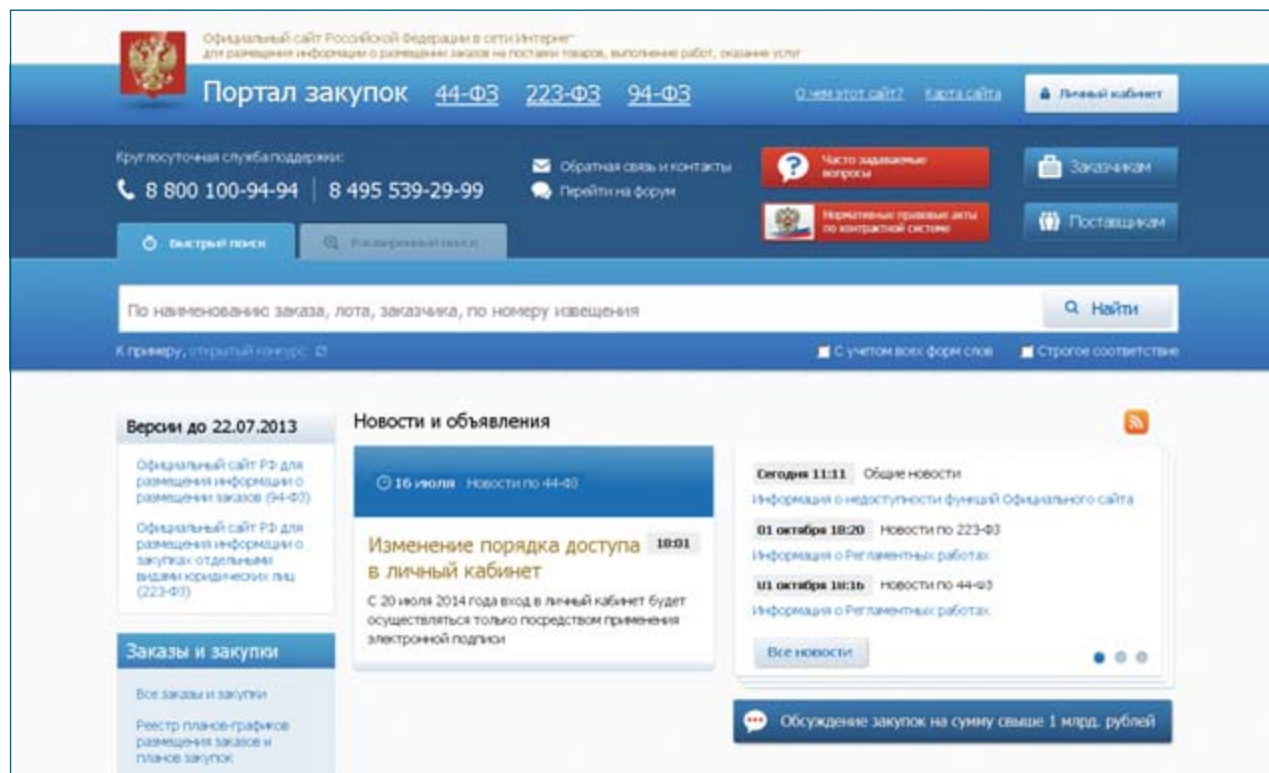


Рис. 8. Вид главной страницы официального сайта Российской Федерации в Интернете для размещения информации о заказах

Единая информационная система

Услуги по размещению информации о заказах на поставки товаров, выполнение работ и оказание услуг в Интернете предоставляет официальный сайт Российской Федерации www.zakupki.gov.ru (рис. 8).

На смену закона № 94-ФЗ [3] с 01.01.2014 г. пришел новый Федеральный закон — № 44-ФЗ [4], который предусматривает расширение возможности предоставления информации по прошедшим торгам и закупкам на официальном сайте и ряд других новшеств.

Предусматривается создание Единой информационной системы в сфере закупок, обеспечивающей формирование, обработку и хранение такой информации, а также ее предоставление с использованием официального сайта единой информационной системы в Интернете. Единая информационная система включает: планы закупок; планы-графики; информацию о реализации планов закупок и планов-графиков; информацию об условиях, о запретах и об ограничениях допуска товаров из иностранного государства или группы иностранных государств; информацию о закупках, об исполнении контрактов; реестр контрактов, заключенных заказчиками; реестр недобросовестных поставщиков (подрядчиков, исполнителей); библиотеку типовых контрактов, типовых условий контрактов; реестр банковских гарантий; реестр жалоб, плановых и внеплановых проверок, их результатов и выданных предписаний; перечень международных финансовых организаций; результаты мониторинга закупок, аудита в сфере закупок, а также контроля в сфере закупок; отчеты заказчиков, предусмотренные ФЗ-44 [4]; каталоги товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд; нормативные правовые акты, регулирующие отношения ФЗ-44 [4]; информацию о складывающихся на товарных рынках ценах на товары, работы, услуги, закупаемые для обеспечения государственных и муниципальных нужд, а также о размещаемых заказчиками запросах о ценах на товары, работы и услуги.

Способы поиска и программные средства поиска заказов. Поиск заказов через сайт информационно-аналитической системы “ИнитПро”

ООО “ИнитГрупп” предоставляет доступ к электронно-информационной системе “ИнитПро”, размещенной на сайте <http://www.initpro.ru> (рис. 9). Это одна из многочисленных программ поиска, распространяемых в коммерческих интересах, которая достаточно уверенно и надежно зарекомендовала себя на рынке подобных услуг.

Сайт информационно-аналитической системы содержит полную информацию обо всех коммерче-

ских тендерах, а также о государственных закупках РФ и всю необходимую для участия в торгах документацию. Госзаказы доступны в виде удобного и хорошо продуманного каталога, который позволяет просматривать только те конкурсы и аукционы, которые проводятся в выбранном регионе и пересекаются с выбранной сферой деятельности. В отличие от перегруженного официального сайта www.zakupki.gov.ru, который часто бывает в силу этого недоступным, сайт www.initpro.ru работает без сбоев, выходных и перерывов на регламентные работы.

Отличие данной системы поиска от официального сайта состоит в том, что она позволяет:

- круглосуточно иметь доступ к системе;
- осуществлять интеллектуальный поиск заказов (тендеров) по ключевым словам, число которых превышает 30000, с использованием сотен фильтров по ОКПД (поиск может включать неограниченное сочетание слов; можно исключать слова, которые не нужны при поиске);
- сохранять многофункциональные фильтры и аукционную документацию на диск одним архивом;
- сохранять найденные заказы в папке “Избранное” для их последующего анализа и отслеживания результатов торгов и анализа победителей тендеров, анализа жалоб на документацию заказчика; ставить специальные цветные метки и визуальные “якоря”; уведомлять о появившихся заказах автоматически по электронной почте;
- экспортировать информацию о найденных закупках в программе Excel;
- настраивать параметры визуального отображения на экране заказов, их сортировки по дате окончания, заказчиком, суммам и прочим необходимым для анализа параметрам.

Существенное отличие поиска в системе “ИнитПро” состоит в том, что она безошибочно находит все заказы, касающиеся пожарной безопасности, в выбранном регионе и позволяет их отсортировать по видам работ (огнезащита, автоматика, испытания ПК, ПГ) и по способу закупки (котировка, электронный аукцион).

Способы поиска и программные средства поиска заказов.

Поиск заказов с помощью программы “Seldon.2012”

На рынке услуг в сфере поиска заказов ЗАО “АЦ Фонд” представлена информационно-аналитическая система “Seldon.2012”. Ее отличие от указанных выше систем заключается в стационарном размещении на ПЭВМ программы “Seldon.2012”, что позволяет в отсутствие доступа к Интернету запустить систему и просмотреть ранее сохраненные закупки (торги), документацию. Для ее работы тре-

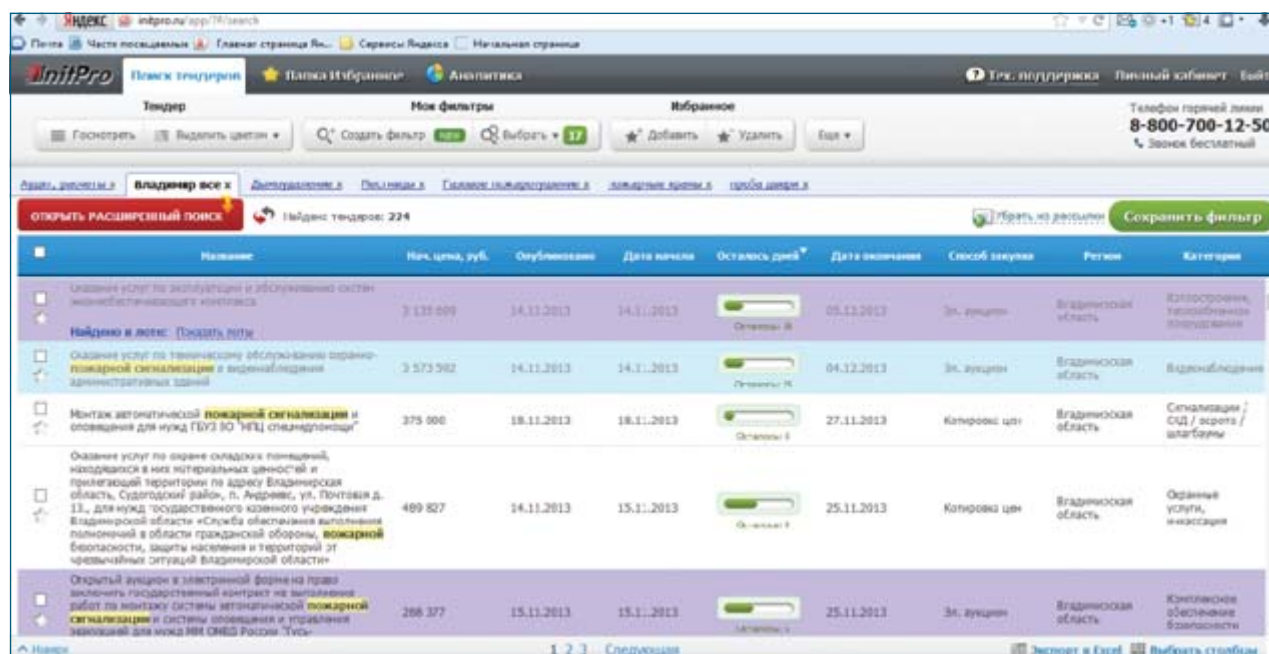


Рис. 9. Вид главной страницы сайта “ИнитПро”

буются минимальные технические требования и характеристики ПЭВМ.

Основными задачами программы “Seldon.2012” являются:

- сбор информации обо всех видах закупок (государственных, коммерческих, международных);
- обеспечение детального, оперативного и эффективного поиска в обширной базе данных, включая архив закупок и контрактов;
- комплексный анализ рынка, потенциальных заказчиков, поставщиков.

Существенное отличие данной программы от официального сайта и системы “ИнитПро” состоит в возможности анализа связей заказчиков и поставщиков, а именно в построении многоуровневого дерева связей. Дерево связей позволяет проследить, с кем заказчик предпочитал заключать контракты или с кем поставщик заключал контракты. Через дерево связей можно выявить все объекты, на которых выполнял работы лицензиат (в области пожарной безопасности), или же просмотреть, как и через кого заказчик закупал оборудование или заказывал работы.

Официальный сайт позволяет осуществлять расширенный поиск заказов по ключевым словам, способу размещения заказа, цене, адресу поставки, участнику размещения заказа, дате публикации заказа, кодам ОКДП, этапу размещения заказа. В нем появилась также возможность вести поиск по двум словам (словосочетаниям). Недостатком поисковой системы официального сайта является невозможность использовать несколько комбинаций слов, а также исключать слова при поиске (например, при поиске по работам понадобится исключить слово

“поставка”). Это особенно важно, когда необходимо осуществить комплексный поиск всего, что связано с пожарной безопасностью (набор для поиска “пожар, гидрант, огнестойкость”).

Коммерчески распространяемые информационно-аналитические системы и программы позволяют осуществить более достоверный поиск, упростить процедуры сохранения найденной информации. Причем структурировать и анализировать найденные заказы через указанные продукты гораздо легче и быстрее. От достоверности найденной информации зависит выбор мер, которые могут быть более эффективными в сфере работ, где заказчик размещал заказы на работы и услуги в области пожарной безопасности. Хороший алгоритм поиска по ключевым словам и возможность отслеживать связи (дерево связей) позволит надзорным органам осуществлять контроль за государственными закупками элементов и средств обеспечения пожарной безопасности на более высоком уровне, с более широким охватом организаций и поставщиков для их контроля. Автоматизация процессов контроля может быть достигнута правильным применением систем поиска.

Недостатки и пути их преодоления в системе государственных закупок элементов и средств обеспечения пожарной безопасности. Критерии оценки победителя и их влияние на пожарную безопасность

При размещении заказа путем проведения конкурса или аукциона, а также запроса котировок цен на товары, работы и услуги создается конкурсная, аукционная или котировочная комиссия (далее —

комиссия). В соответствии с п. 4 ст. 24 ФЗ-44 [4] под аукционом на право заключить контракт понимаются торги, победителем которых признается участник закупки, предложивший наименьшую цену контракта.

Под открытым аукционом в электронной форме на право заключить контракт понимается открытый аукцион, проведение которого обеспечивается оператором электронной площадки на сайте в сети Интернет. Участник открытого аукциона в электронной форме, который предложил *наиболее низкую цену* контракта и заявка которого на участие в открытом аукционе в электронной форме соответствует требованиям документации об открытом аукционе в электронной форме, признается победителем открытого аукциона в электронной форме.

Под запросом котировок понимается способ размещения заказа, при котором информация о потребностях в товарах, работах и услугах для нужд заказчиков сообщается неограниченному кругу лиц путем размещения на официальном сайте извещения о проведении запроса котировок. Победителем в проведении запроса котировок признается участник размещения заказа, предложивший наиболее низкую цену контракта.

Значение критерия “низкая цена” для пожарной безопасности может быть отрицательным. Это, пожалуй, единственный критерий, который берется за основу при выборе победителя, с которым будет подписан контракт. Есть еще и такие требования (критерии), которые имеют второстепенное значение:

- правильно оформленная заявка на аукцион, конкурс, котировочная заявка;
- наличие лицензии в области пожарной безопасности.

Однако, как показывает практика, “требования к участникам” поставщики в основном соблюдают и контракт подписывается при минимальном числе участников, отклоненных из-за отсутствия лицензии или неправильного оформления заявки.

Влияние же цены на выполняемые работы и услуги в области пожарной безопасности существенно. К примеру, в документации указаны работы по огнезащите, в сметной документации, прилагаемой к извещению об аукционе (котировочной заявке), определены основные этапы и стоимость работ. Торги прошли с занижением, и победителем была выбрана организация (участник), предложившая наиболее низкую цену. После заключения контракта такая организация сможет его выполнить только с соответствующим снижением внутренних издержек и минимизацией затрат на приобретаемый материал, удешевлением используемого материала, огнезащитного состава, минимизацией оплаты работ наемных рабочих, уменьшением прибыли самой организа-

ции. Как следствие, такие работы влекут за собой низкий уровень выполнения работ: некачественное огнезащитное покрытие, нанесение его на неочищенные поверхности, замена указанного в документации состава на более дешевый (цвет состава подбирается под исходный). В результате такие работы со значительным снижением подрывают экономическую основу существования крупных подрядчиков. Структура компаний, победивших в торгах по минимальной цене, как правило, простая: офис (администрация) + наемные “временные работники” (приезжие, оформленные по патенту с экономией на пенсионных выплатах, без соответствующего образования и курсов повышения квалификации в соответствии с лицензионными требованиями), наличие минимально необходимого оборудования (водо-воздушные компрессоры “дачник”). Критерий цены оказывается пагубным и для развития других добросовестных организаций, которые вынуждены снижать издержки, чтобы выжить на рынке, и сокращать штат постоянных работников, чтобы вообще остаться на рынке противопожарных услуг и работ.

В табл. 5 приведены некоторые данные по торгам, прошедшим во Владимирской обл., и снижению цен на противопожарные работы и услуги.

Как видно из табл. 5, снижение цен на работы и услуги значительно. Критерий выбора победителя по цене должен сопровождаться усилением мер по приемке работ после их выполнения с привлечением СЭУ ИПЛ или иных аккредитованных и/или уполномоченных органов/организаций. Ведь не секрет, что в больницах, школах, интернатах, детских садах и многих других бюджетных организациях нет квалифицированного персонала, способного правильно и всесторонне оценить выполненные работы, услуги.

В самом законодательстве (п. 3 ст. 1 [3]) для оборонных нужд, в особенности для размещения государственного оборонного заказа, заказа на поставку материальных ценностей в государственный резерв, контрольные мероприятия могут устанавливаться иными федеральными законами, чего не сделано для нужд пожарной безопасности объектов защиты. Проводимые торги и закупки для нужд объектов не защищены от сомнительных фирм и сомнительных материалов, которые там используются.

В качестве критериев оценки победителя в конкурсах по закупкам могут быть:

- 1) наличие определенного числа работников в штате организации и соответствие их определенным профессиям, разрядам, квалификациям;
- 2) наличие лицензии на выполнение работ и услуг в области пожарной безопасности, а в необходимых случаях и вхождение в СРО;

Таблица 5. Данные по снижению цен на работы и услуги по пожарной безопасности в системе закупок во Владимирской обл.

№ п/п	Объект защиты, номер извещения на сайте	Вид работ и услуг по пожарной безопасности	Начальная цена, руб.	Цена победителя, руб.	% от начальной цены
1	ГБУЗ ВО “Судогодская ЦРБ им. Пospelова”, № 0128200000113005000	Огнезащитная обработка чердачного помещения склада	60 948	11 073	18
2	ФГКУ УВО УМВД России по Владимирской обл.	Огнезащитная обработка деревянных конструкций в зданиях и сооружениях	188 581	155 000	82
3	Областная клиническая больница, № 0128200000113005447	Вывод сигнала пожарной сигнализации в пожарную часть	584 312	514 156	87
4	Межрайонная инспекция Федеральной налоговой службы № 10, № 0128100002213000001	Техническое обслуживание и планово-предупредительный ремонт оборудования систем пожарной и охранной сигнализации здания	395 100	179 850	45
5	Управления федерального казначейства, № 0128100000313000327	Техническое обслуживание и планово-предупредительный ремонт оборудования систем пожарной и охранной сигнализации, речевого оповещения и эвакуации людей при пожаре, системы дымоудаления в зданиях	514 000	394 468	76
6	Областная клиническая больница (ГБУЗВО “ОКБ”), № 0128100000313000027	Гидравлические испытания противопожарного водопровода и пожарных кранов	170 500	65 147	38
7	Городская клиническая больница скорой медицинской помощи, № 0128200000113000301	Техническое обслуживание пожарной сигнализации	93 400	35 025	37
8	ГБУЗ ВО “Городская больница № 4 г. Владимира”, № 0128200000112006944	Техническое обслуживание автоматической пожарной сигнализации и системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре	516 264	78 047	15
9	ГБУЗ ВО “Городская больница № 4 г. Владимира”, № 0128200000113004111	Капитальный ремонт охранно-пожарной сигнализации	1 480 928	866 342	58
10	УМВД России по г. Владимиру, № 0128100000813000023	Монтаж автоматической установки пожарной сигнализации и системы оповещения и управления эвакуацией	1 615 736	610 442	37
11	Кольчугинский детский дом-интернат, № 0128200000113000809	Текущий ремонт автоматической пожарной сигнализации в здании детского дома-интерната (блоки А, Б, В)	148 279	70 000	47
12	Городская клиническая больница № 5 г. Владимира, № 0128200000113000627	Техническое обслуживание пожарной сигнализации	427 830	153 634	35
13	Городская клиническая больница № 5 г. Владимира, № 0328300020513000100	Проверка пожарных кранов на водоотдачу	89 540	60 000	67
14	Лухтоновская специальная (коррекционная) общеобразовательная школа-интернат, № 0128200000113002452	Огнезащитная обработка чердачных помещений	112 210	44 000	39
15	Лухтоновская специальная (коррекционная) общеобразовательная школа-интернат, № 0128200000113002451	Монтаж пожарной сигнализации в спальном корпусе	153 015	119 351	77
16	Городская больница № 6 г. Владимира, № 0328300017713000058	Устройство тамбур-шлюза с подпором воздуха	248 950	248 000	100
17	ГБУЗ ВО “ГБ № 2 г. Владимира”, № 0328300005013000064	Разработка проектно-сметной документации противоподымной защиты	470 000	297 000	63

№ п/п	Объект защиты, номер извещения на сайте	Вид работ и услуг по пожарной безопасности	Начальная цена, руб.	Цена победителя, руб.	% от начальной цены
18	Владимирский психоневрологический интернат, № 0128200000113003407	Монтаж пожарной сигнализации и оповещения в помещениях столовой и запотолочных пространствах второго этажа корпуса № 1	111 023	79 381	71
19	Городская поликлиника № 1, № 0128200000113005302	Монтаж автоматической установки газового пожаротушения (единственный участник)	949 347	944 600	100
20	Управление административными зданиями администрации г. Владимира, № 0328300021913000001	Огнезащитная обработка деревянных конструкций в административных зданиях	142 630	49 800	34
21	Управления федерального казначейства по Владимирской обл., № 0128100000313000324	Огнезащитная обработка деревянных конструкций кровли административного здания отдела № 10	60 475	17 591	28

3) наличие опыта и репутации компании по конкретной работе (указанной в извещении на закупку);

4) отсутствие организации в реестре недобросовестных поставщиков и в специальном реестре (который может вестись органами надзора по информации, получаемой от лицензионного контроля ФГПН);

5) функциональные характеристики (потребительские свойства) или качественные характеристики предлагаемого товара или услуги;

6) указание в документации о закупках специальных требований о приемке работ после их завершения комиссией, назначаемой вышестоящей организацией (департаментом, администрацией), привлекаемой межведомственной комиссией (с участием уполномоченных организаций, аккредитованных специалистов, пожарных лабораторий);

7) указание в документации по закупкам о применении типовых схем противопожарной защиты и типовых проектных решений (возможно, размещаемых на едином портале или портале МЧС России) по аналогии с реестром типовой проектной документации [6];

8) возможность применения оборудования, прошедшего комплексные испытания и имеющего допуск на применение в различных учреждениях (объектах), по аналогии с реестром проектной документации.

Подача запроса о разъяснении положений документации органами надзора как способ улучшения пожарной безопасности объекта

Документация об открытом аукционе в электронной форме (рис. 10) должна быть доступна для ознакомления на официальном сайте без взимания платы.

Любой участник размещения заказа, получивший аккредитацию на электронной площадке, вправе направить на адрес электронной площадки, на кото-

рой планируется проведение открытого аукциона в электронной форме, запрос об открытом аукционе в электронной форме. При этом такой участник размещения заказа вправе направить не более трех запросов о разъяснении положений документации в отношении одного открытого аукциона в электронной форме.

В случае нарушения требований, установленных в ч. 1–5 ст. 41.7 [3], открытый аукцион в электронной форме может быть признан недействительным в установленном законодательством Российской Федерации порядке.

Представим себе ситуацию, когда надзорный орган получил информацию на официальном сайте о заказе, в документации на который указаны ошибочные данные по параметрам планируемых работ и услуг. Такими ошибочными данными могут быть: ошибки в проектной или сметной документации, неогнестойкий кабель, неверный тип оповещения СОУЭ, недостаточное количество огнетушащего вещества, отсутствие взаимосвязи с инженерным оборудованием здания и т. п.; ошибки в описании задания на выполнение: отсутствие сведений о наличии лицензии, о подготовке исполнительной документации после выполнения работ, о методиках, по которым следует проводить испытания и проверки противопожарного водоснабжения и наружных пожарных лестниц, и т. п.

После направления соответствующего запроса от надзорного органа заказчику тот по собственной инициативе [3] или в соответствии с поступившим запросом о разъяснении положений документации об открытом аукционе в электронной форме вправе принять решение о внесении изменений в документацию об открытом аукционе *не позднее чем за 5 дней* до даты окончания подачи заявок на участие в открытом аукционе в электронной форме. Изменение



Рис. 10. Этапы проведения электронного аукциона

предмета открытого аукциона в электронной форме не допускается. В течение одного дня со дня принятия указанного решения изменения, внесенные в документацию об открытом аукционе, размещаются заказчиком на официальном сайте. При этом срок подачи заявок на участие в открытом аукционе должен быть продлен на столько, чтобы со дня размещения таких изменений до даты окончания подачи заявок на участие в открытом аукционе он составлял не менее 15 дней или в случае, если начальная (максимальная) цена контракта (цена лота) не превышает 3 млн. руб., — не менее 7 дней.

В течение 2 дней со дня поступления запроса заказчик размещает на официальном сайте разъяснение положений документации об открытом аукционе в электронной форме с указанием предмета запроса, но без указания участника размещения заказа, от которого поступил запрос, *при условии, что указанный запрос поступил заказчику в уполномоченный орган не позднее чем за 5 дней до дня окончания подачи заявок на участие в открытом аукционе в электронной форме или в случае, если начальная (максимальная) цена контракта (цена лота) не превышает 3 млн. руб., — не позднее чем за 3 дня до окончания подачи заявок на участие в открытом аукционе.*

Таким образом, у надзорного органа должно быть как минимум 4 дня до окончания подачи заявок (см. рис. 10). В большинстве случаев цены контрактов на заказы по пожарной безопасности не превышают 3 млн. руб., а значит, у надзорного органа есть всего 3 дня на изучение документации, по результатам которой он может направить запрос заказчику на внесение изменений. Для направления подобного запроса он должен получить аккредитацию на электронной площадке (в настоящее время это две наиболее крупные площадки, где размещаются заказы, — Сбербанк-АСТ (<http://sberbank-ast.ru>) и Единая электронная торговая площадка (<https://etp.roseltorg.ru>)).

Для досудебной процедуры внесения изменений (обжалования) недостаточно 2–3 дней, так как данные по торгам могут появляться в любое время суток, размещение заказа возможно перед выходными и праздничными днями, иногда с задержкой (в связи с регламентными работами на официальном сайте). В качестве пути решения предлагается:

1) уменьшить сроки подачи запроса на внесение изменений до окончания подачи заявок, тем самым увеличив срок рассмотрения документации и принятия по ней решения;

2) конкретизировать требования к документации заказа и в части, касающейся пожарной без-

опасности, и процедуры внесения в нее изменений. Разъяснение положений документации об открытом аукционе в электронной форме не должно менять ее суть;

3) установить единообразные требования к проводимым работам/услугам;

4) усилить роль пожарного надзора в сфере размещаемых заказов в части, касающейся просмотра документации о размещенных заказах.

Пожарный риск и государственные закупки

В соответствии со ст. 6 [2] пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной при выполнении одного из следующих условий:

1) в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [19] (далее — ФЗ-184), и величина пожарного риска не превышает допустимых значений, установленных настоящим Федеральным законом;

2) в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с ФЗ-184 [19], и нормативными документами по пожарной безопасности.

Достаточно часто в системе государственных закупок размещаются заказы, связанные с независимой оценкой пожарного риска, расчетами пожарного риска и аудитом пожарной безопасности (69 заказов за 2013 г.).

Вопрос о расчете пожарного риска на объектах защиты относительно новый и еще недостаточно проработан [20]. Не все аспекты пожарной безопасности можно учесть при оценке пожарного риска (противопожарные разрывы, противопожарное водоснабжение, проезды, наличие рядом стоящих зданий и их степени огнестойкости). По существующим методикам [21, 22] расчет величины пожарного риска заключается в расчете индивидуального пожарного риска для жителей, персонала и посетителей, находящихся в здании. Численным выражением индивидуального пожарного риска является частота воздействия опасных факторов пожара на человека, находящегося в здании. Перечень ОФП установлен ст. 9 Технического регламента [2]. И хотя пожарный риск по определению — мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий *для людей и материальных ценностей*, расчет ведется без учета материальных ценностей. В существующих методиках [21, 22] мера возможности реализации пожарной опасности для материальных ценностей не учитывается.

В последнее время активизировались заказы на независимую оценку пожарного риска по объектам надзора, введенным задолго до вступления в силу Технического регламента [2]. И хотя расчет пожарного риска не требуется при выполнении обязательных требований пожарной безопасности, установленных техническими регламентами, принятыми в соответствии с ФЗ-184 [19], и требований нормативных документов по пожарной безопасности, а также для объектов защиты, которые были введены в эксплуатацию или проектная документация на которые была направлена на экспертизу до дня вступления в силу ФЗ-123 [2], многие, далеко не новые объекты заказывают услугу по расчету пожарного риска.

Расчет пожарного риска, как правило, заказывают для того, чтобы уйти от выполнения обязательных требований, а проведение независимой оценки пожарного риска или аудита пожарной безопасности (ст. 144 [2]) — чтобы не попасть в план проверок.

Таким образом, заказчик, как правило, пытается избежать проблем с надзорными органами. Возможными причинами этого могут быть: невозможность установки систем противопожарной защиты из-за особенностей конструкций зданий; высокая цена необходимых систем противопожарной защиты; высокие штрафные санкции. При этом в отношении объектов защиты, на которых был проведен капитальный ремонт, реконструкция или техническое перевооружение, требования ФЗ-123 [2] применяются в части, соответствующей объему работ по капитальному ремонту, реконструкции или техническому перевооружению.

Проблема пожарного риска в области закупок разделяется на две части:

1) для вновь построенных объектов или объектов, на которых был проведен капитальный ремонт (реконструкция или техническое перевооружение), требуется или возможен расчет пожарного риска;

2) для объектов защиты, которые были введены в эксплуатацию или проектная документация на которые была направлена на экспертизу до дня вступления в силу ФЗ-123 [2], расчет пожарного риска не требуется.

Для объектов первого типа остро стоит вопрос о проверке правильности проведенных расчетов и их соответствия установленным методикам, проведении прозрачной процедуры проверки. В настоящее время УНД ГУ МЧС России по субъектам РФ проводят проверки в рамках письменной консультации [23], и заказчики уже об этом знают, поскольку таковые требования о «согласовании» расчетов пожарного риска, как правило, присутствуют в документации по закупкам. Конечно, это усложняет процедуры оценки риска (как аудита, так и просто

расчета), да и данные “согласования” совсем не идут на пользу новым подходам на основе пожарного риска, так как увеличивают сроки получения согласований-консультаций от МЧС. Таким образом, это только увеличивает нагрузку на бизнес и повышает стоимость работ. Кроме того, указание в конкурсной документации конкретных сроков выполнения работ вносит напряженность в процедуру согласования проведенных расчетов, а значит, создает почву для коррупции в системе *исполнитель — МЧС*.

В связи с этим необходимо максимально упростить процедуру проверки проведенных расчетов, исключить длительные сроки консультаций и/или вовсе запретить согласование проведенных расчетов.

Для объектов защиты, которые были введены в эксплуатацию до дня вступления в силу ФЗ-123 [2], ответа требуют следующие вопросы:

- для чего заказчик заказывает расчет пожарного риска или аудит пожарной безопасности;
- можно ли применять новые дорогостоящие системы противопожарной защиты без обоснования пожарного риска, без комплексного анализа ситуации на объекте защиты и в случае, если вновь объявленные заказы не приведут к существенному снижению пожарного риска.

Совершенствование механизма независимой оценки пожарного риска заключается в следующем:

- применение расчетов пожарного риска, проведение аудита пожарной безопасности должно стимулировать объекты защиты к новым и перспективным разработкам средств и способов противопожарной защиты;
- расчеты пожарных рисков должны вестись по простым и прозрачным методикам, исключающим подгонку результатов расчета. При этом желательно исключить сложные модели (полевой метод), проверка которых невозможна в большинстве органов ГПН;
- сроки рассмотрения выполненных расчетов (сроки консультаций) должны быть сопоставимы со сроками рассмотрения проектной документа-

ции, либо следует вовсе исключить процедуру проверки расчетов (по аналогии с декларациями пожарной безопасности), полагая, что исходные данные и правильность расчетов будут проверены в ходе проверки объекта надзора;

- расчет пожарного риска должен сопровождать внедрение сложных систем противопожарной защиты там, где только при комплексном подходе можно добиться существенного снижения пожарного риска. Комплекс дополнительных мер вырабатывается исходя из проведенных расчетов (рис. 11). Перечень таких ситуаций должен быть установлен отдельно.

Особенности заданий на выполнение работ и услуг в области пожарной безопасности при государственных закупках

Роль заданий на выполнение работ и услуг в области пожарной безопасности велика. От того, как и что будет указано в задании на выполнение заказа, зависит эффективность применения систем, их долговечность и работоспособность. Заказчик, исполняя предписание ГПН, обращается к проектировщику или подрядчику, чтобы тот помог составить техническое задание на предстоящие торги. Естественно, каждый старается учесть прежде всего собственные интересы. В результате на объектах появляются дорогостоящие или импортные системы, эксплуатация которых требует привлечения высококвалифицированных специалистов. Возможная прибыль от реализации дорогих систем порой является основным критерием при их выборе на данном объекте защиты. Особенно это касается всякого рода компьютерных систем, малоинформативных пультов и прочих современных систем. В наших условиях, когда и обслуживающие организации меняются быстро, их выбор осуществляется по тем же принципам, что и для государственных закупок. При этом следует учитывать: культуру общества, где те или иные системы будут установлены; на каком объекте, в каком учреждении они будут функционировать; будут ли они работоспособны через какое-то время. Порой применение ППКОП (прибора АПС) с кнопками на главной панели лучше, чем установка пульта со сложным алгоритмом меню. Если же применение пульта необходимо на данном объекте (как источник хранения событий в памяти пульта), следует оснащать систему блоками контроля и индикации, но для этого необходимо ее программирование. Одним словом, только разумный подход к постановке задач позволит эффективно использовать систему государственных закупок для повышения уровня пожарной безопасности. В этих условиях только профессионалы своего дела смогут разобраться в многочисленных тонкостях, противопожар-



Рис. 11. Расчет величины пожарного риска

ных требованиях и их взаимосвязи с другими аспектами пожарной безопасности.

Ряд требований к заданиям связан и с обслуживанием систем пожарной автоматики (АПС, СОУЭ). К сожалению, в настоящее время отсутствует единый подход к срокам регламентного обслуживания пожарных извещателей, видам регламентных работ по приборам автоматики, ценовой политике государства, где в качестве критерия цены выступает обслуживаемая единица — извещатель. Без единых и равных подходов к работам по обслуживанию АПС, АУПТ, СОУЭ, систем дымоудаления, проверке противопожарного водоснабжения, задвижек на обводных линиях, насосов-повысителей невозможно добиться качественного поддержания исправности противопожарных систем. В этом вопросе нет четкой позиции у надзорных органов ГПН, отсутствуют и современные справочники. В связи с этим возникает необходимость в выработке единой политики в вопросах обслуживания систем, периодичности их запуска на объектах (СОУЭ), периодичности обхода и регламентного обслуживания. Данных, указанных в паспортах на эти системы, явно недостаточно для единого и комплексного подхода к обслуживанию противопожарных систем. Вот когда выигравшие торги организации будут обслуживать заказчиков по одним принципам, тогда можно будет говорить об успешности этих мероприятий, ведь частая смена обслуживающих организаций (победитель тот, кто предложит низкую цену) приводит к еще большему беспорядку в сфере обслуживания сложных систем.

Выводы

Правильное использование информационной системы государственных закупок элементов и средств обеспечения пожарной безопасности надзорными органами позволит существенно повысить уровень пожарной безопасности объектов надзора. Контроль за процессами, происходящими в сфере закупок, качеством работ на объектах надзора, выполненных как самим заказчиком, так и лицензиатами, позволит исключить возможность махинаций с удешевлением применяемых материалов, приборов и услуг

в области государственных закупок. Выработка единых подходов к требованиям по обслуживанию систем противопожарной защиты и их эксплуатации даст возможность существенно повысить культуру обслуживания сложных систем, снизить процент неисправных систем (появившихся в результате некавалифицированного обслуживания). Использование различных поисковых систем и программ сделает процессы поиска заказов, включающих работы и услуги по пожарной безопасности, более простыми и наглядными. Анализ данных, полученных при помощи систем поиска, использование “дерева связей” поднимут на новый уровень контроль за всеми работами, проводимыми в интересах различных заказчиков в области пожарной безопасности. В результате анализа появится возможность структурировать заказы по видам наиболее часто встречающихся работ (огнезащита, испытание систем, пожарный риски, обслуживание АПС), выявлять сомнительные работы со значительным снижением цены. Тем самым можно предотвратить снижение цены на работы и услуги, что пагубно влияет на их качество, а значит, и на надежность смонтированных систем.

Изложены способы улучшения сложившейся ситуации с государственным заказом. Описано влияние на систему государственных закупок положительных предложений, направленных на усовершенствование технических заданий на закупки, создание специализированных, профессионально ориентированных комиссий по приемке работ после их завершения, создание типовых решений по противопожарной защите и услугам, что является несомненным усовершенствованием в области пожарной безопасности для объектов надзора.

Исследована структура системы государственных заказов по пожарной безопасности. Приведены критерии выполнения работ и услуг по пожарной безопасности, которые могут влиять на ее повышение.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных результатов в повседневной деятельности ФГПН с целью повышения эффективности работ и услуг в области пожарной безопасности для системы государственных закупок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О пожарной безопасности : Федер. закон от 21.12.94 г. № 69-ФЗ; принят Гос. Думой 18.11.94 г.; введ. 26.12.94 г. // Собр. законодательства РФ. — 1994. — № 35, ст. 3649.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008 г.; одобрен Сов. Федерации 11.07.2008 г. // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.
3. О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд : Федер. закон от 21.07.2005 г. № 94-ФЗ (в ред. 02.07.2013 г.); принят Гос. Думой 08.07.2005 г.; одобрен Сов. Федерации 13.07.2005 г.; введ. 01.07.2013 г. // Собрание законодательства РФ. — 25.07.2005 г. — № 30 (ч. 1), ст. 3105.

4. О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд : Федер. закон от 05.04.2013 г. № 44-ФЗ (в ред. 21.07.2014 г.); принят Гос. Думой 22.03.2013 г.; одобрен Сов. Федерации 27.03.2013 г.; введ. 22.07.2014 г. // Собрание законодательства РФ. — 08.04.2013 г. — № 14, ст. 1652.
5. Светушенко С. Г. Искажение пожарной безопасности под действием ФЗ-94 “О размещении заказов для государственных и муниципальных нужд”. Сайт ООО “Аудит Сервис Оптимум” : <http://www.aso33.ru/archives/1134> (дата обращения: 10–12 февраля 2014 г.).
6. О формировании реестра типовой проектной документации и внесении изменений в некоторые постановления Правительства Российской Федерации : постановление Правительства РФ от 27.09.2011 г. № 791. URL : <http://pravo.gov.ru> (дата обращения: 10–12 февраля 2014 г.).
7. Об утверждении правил подготовки нормативных правовых актов федеральных органов исполнительной власти и их государственной регистрации : постановление Правительства РФ от 13.08.97 г. № 1009 (в ред. 17.02.2014 г.); введ. 28.02.2014 г. // Собрание законодательства РФ. — 18.08.97 г. — № 33, ст. 3895.
8. Положение о федеральном государственном пожарном надзоре : утв. постановлением Правительства РФ от 12.04.2012 г. № 290; введ. 01.05.2012 г. // Собрание законодательства РФ. — 23.04.2012 г. — № 17, ст. 1964.
9. Об утверждении Административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий исполнения государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности : приказ МЧС России от 28.06.2012 г. № 375 (в ред. 21.04.2014 г.); зарег. в Минюсте РФ 13.07.2012 г., рег. № 24901; введ. 25.05.2014 г. // Российская газета. — 22.08.2012 г. — № 192.
10. О внесении изменений в Федеральный закон “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” : Федер. закон РФ от 10.07.2012 г. № 117-ФЗ; принят Гос. Думой 20.06.2012 г.; одобрен Сов. Федерации 27.06.2012 г.; введ. 12.07.2012 г. // Собрание законодательства РФ. — 16.07.2012 г. — № 29, ст. 3997.
11. Доклад об осуществлении Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий федерального государственного пожарного надзора, государственного надзора в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, государственного надзора в области гражданской обороны и государственного надзора за использованием маломерными судами и базами (сооружениями) для их стоянок и об эффективности этих надзоров. М., 2013. URL : <http://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 10–12 февраля 2014 г.).
12. О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля : Федер. закон от 26.12.2008 г. № 294-ФЗ; принят Гос. Думой 19.12.2008 г.; одобрен Сов. Федерации 22.12.2008 г. // Собрание законодательства РФ. — 29.12.2008 г. — № 52 (ч. I), ст. 6249.
13. Перечень товаров, работ, услуг, в случае осуществления закупок которых заказчик обязан проводить аукцион в электронной форме (электронный аукцион) : утв. распоряжением Правительства РФ от 31.10.2013 г. № 2019-р. URL : <http://pravo.gov.ru> (дата обращения: 10–16 июня 2014 г.).
14. Градостроительный кодекс Российской Федерации : Федер. закон от 29.12.2004 г. № 190-ФЗ; принят Гос. Думой 22.12.2004 г.; одобрен Сов. Федерации 24.12.2004 г.; введ. 29.12.2004 г. // Российская газета. — 2004. — № 290.
15. Об участии органов ГПН в градостроительной деятельности : письмо МЧС России от 28.12.2006 г. № 43-4357-19. URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72643 (дата обращения: 10–12 февраля 2014 г.).
16. Об утверждении Порядка проведения антикоррупционной экспертизы нормативных правовых актов и проектов нормативных правовых актов Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий : приказ МЧС России от 29.06.2010 г. № 299; зарег. в Минюсте РФ 09.08.2010 г., рег. № 18088. URL : <http://pravo.gov.ru> (дата обращения: 10–12 февраля 2014 г.).
17. Об утверждении Перечня видов работ по инженерным изысканиям, по подготовке проектной документации, по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства : приказ Минрегиона РФ от 30.12.2009 г. № 624 (в ред. 14.11.2011 г.); зарег. в Минюсте РФ 15.04.2010 г., рег. № 16902. URL : <http://pravo.gov.ru> (дата обращения: 10–12 февраля 2014 г.).

18. О лицензировании деятельности по монтажу, техническому обслуживанию и ремонту средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений : постановление Правительства РФ от 30.12.2011 г. № 1225; введ. 21.01.2012 г. // Собрание законодательства РФ. — 2012. — № 2, ст. 298.
19. О техническом регулировании : Федер. закон от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ; принят Гос. Думой 15.12.2002 г.; одобрен. Сов. Федерации 18.12.2002 г. // Российская газета. — 2002. — № 245.
20. Светушенко С. Г. Аудит пожарной безопасности или независимая оценка пожарного риска // Алгоритм безопасности. — 2011. — № 6. URL : <http://www.algoritm.org/arch/arch.php?id=55> (дата обращения: 10–12 февраля 2014 г.).
21. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : приказ МЧС РФ от 30.06.2009 г. № 382; введ. 30.06.2009 г. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
22. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах : приказ МЧС РФ от 10.07.2009 г. № 404; зарег. в Минюсте РФ 17.08.2009 г., рег. № 14541; введ. 10.07.2009 г. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
23. Об утверждении Административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий по предоставлению государственной услуги по лицензированию деятельности по монтажу, техническому обслуживанию и ремонту средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений : приказ МЧС России от 28.05.2012 г. № 291; зарег. в Минюсте РФ 04.07.2012 г., рег. № 24779. URL : <http://pravo.gov.ru> (дата обращения: 10–12 февраля 2014 г.).

Материал поступил в редакцию 15 февраля 2014 г.

English

RESEARCH OF INFORMATION SYSTEM GOVERNMENT PROCUREMENTS AND ITS INFLUENCE ON FIRE SAFETY OF OBJECTS OF SUPERVISION

SVETUSHENKO S. G., Director of the Society with Limited Liability "Audit Service of the Optimum" (Elektropriborovskiy Proezd, 2A, office 5, Vladimir, 600032, Russian Federation; e-mail address: aso33@bk.ru, svetushenko@yandex.ru)

ABSTRACT

The analysis of information support of system of government procurements and its influence on fire safety of objects of supervision is carried out. It is suggested that the criterion of the low price for works on fire safety is wrong and leads to even bigger simplification of a hardware of systems of fire safety of buildings and constructions, to emergence in the market of a large number of the micro-organizations and to output of poor quality.

Aspects drawing up the specification influencing correctness for auctions, mistakes and corruptibility of auctions of the customer are considered. Schemes of work of the government supervisory authorities at which they can successfully influence a condition of ordered works and services in fire safety are submitted. Standard and legal aspects and shortcomings in supervision works in modern conditions when control of the objects new under construction and subjected to capital repairs is cancelled are specified.

The structure of orders and number of orders on fire safety against all orders both according to Russia and across the Vladimir region are analysed and presented in tables. The percent of decrease in works on results won auctions is analysed and the structure of works on types of elements of system of ensuring fire safety is presented.

Solutions of the developed problems are offered and criteria of an assessment of performers are developed, suggestions for improvement of fire safety are presented at execution of the state order. Ways of information search about purchases for fire safety of objects of supervision are opened.

Questions of influence of an assessment of fire risk of buildings and placed orders, influence of values of fire risk as a complex component and only partial implementation of separate requirements

are considered. It is specified insufficiency of only separate orders on works without their analysis of settlement sizes on a complex assessment of fire risk.

Ways of formations of specifications at which they can fully reflect all aspects of fire safety are offered.

Keywords: government procurements; fire safety; object of supervision; tree of communications; criteria of an assessment; overhaul; town-planning code; acceptance of object; search program; license control.

REFERENCES

1. About fire safety. Federal Law on 21.12.1994 No. 69. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of Russian Federation*, 1994, no. 35, art. 3649 (in Russian).
2. Technical regulations for fire safety requirements. Federal Law on 22.07.2008 No. 123. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 2008, no. 30 (part I), art. 3579 (in Russian).
3. On placing orders for deliveries of the goods, performance of works, rendering of services for state and municipal needs. Federal law on 21.07.2005 No. 94 (ed. 02.07.2013). *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 25.07.2005, no. 30 (part I), art. 3105 (in Russian).
4. On the contract system in the field of procurement of goods, works and services for state and municipal needs. Federal Law on 05.04.2013 No. 44 (ed. 21.07.2014). *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 08.04.2013, no. 14, art. 1652 (in Russian).
5. Svetushenko S. G. *Iskazheniye pozharnoy bezopasnosti pod deystviyem FZ-94 "O razmechshenii zakazov dlya gosudarstvennykh i munitsipalnykh nuzhd"* [The distortion of fire safety under the action of FZ-94 "On placement of orders for state and municipal needs"]. The website of LLC "Audit Service of Optimum": Available at: <http://www.aso33.ru/download/222/> (Accessed 10–16 June 2014).
6. *On formation of the register of typical project documentation and amendments to some decrees of the Government of the Russian Federation. The RF Government Decree on 27.09.2011 No. 791*. Available at: <http://pravo.gov.ru> (Accessed 10–12 February 2014) (in Russian).
7. On confirmation of preparation rules for normative legal acts of federal executive authorities and their state registration. Decree of Russian Government on 13.08.97 No. 1009 (ed. 17.02.2014). *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 18.08.97, no. 33, art. 3895 (in Russian).
8. On the Federal state fire supervision. Resolution of the Government of the Russian Federation on 12.04.2012 No. 290. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 23.04.2012, no. 17, art. 1964 (in Russian).
9. On approval of Administrative regulation of Emercom of Russia of the performance of the state supervision over performance of requirements of fire safety. Order of Emercom of Russia on 28.06.2012 No. 375 (ed. 21.04.2014). *Rossiyskaya gazeta — Russian Newspaper*, 22.08.2012, no. 192 (in Russian).
10. About modification of the Federal Law "Technical regulations for fire safety requirements". Federal Law on 12.07.2012 No. 117. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 16.07.2012, no. 29, art. 3997 (in Russian).
11. A report on the implementation by the Russian Federation Ministry for civil defense, emergencies and elimination of consequences of natural disasters of the Federal state fire supervision, state supervision in the field of protection of population and territories from emergency situations of natural and technogenic character, state supervision in the field of civil defense and state supervision over the use of small vessels and databases (constructions) for their sites and the effectiveness of these supervisors. Moscow, 2013. Available at: <http://www.mchs.gov.ru> (Accessed 10–12 February 2014) (in Russian).
12. On protection of rights of legal entities and individual entrepreneurs when exercising state control (supervision) and municipal control. Federal Law on 26.12.2008 No. 294. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 29.12.2008, no. 52 (part I), art. 6249 (in Russian).
13. The List of goods, works and services, in case of procurement which the customer is obliged to conduct the auction in the electronic form (e-auction). The decree of the RF Government on 31.10.2013 No. 2019-R. Available at: <http://pravo.gov.ru> (Accessed 10–12 February 2014) (in Russian).
14. The town-planning code of the Russian Federation. Federal Law on 29.12.2004 No. 190. *Rossiyskaya gazeta — Russian Newspaper*, 2004, no. 290 (in Russian).
15. On the participation of bodies of state fire supervision in urban planning. Letter of Emercom of Russia on 28.12.2006 No. 43-4357-19. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72643 (Accessed 10–12 February 2014).

16. On approval of the Procedure of the anti-corruption expertise of legal acts and draft normative and legal acts of Emercom of Russia. Order of Emercom of Russia on 29.06.2010 No. 299. Available at: <http://pravo.gov.ru> (Accessed 10–12 February 2014) (in Russian).
17. On approval of List of types of work for engineering survey, for preparation of project documentation, construction, reconstruction, major repair of capital construction objects, which influence safety of objects of capital construction. Order of the Ministry of regional development of the Russian Federation on 30.12.2009 No. 624. Available at: <http://pravo.gov.ru> (Accessed 10–12 February 2014) (in Russian).
18. On licensing of activity in a sphere of installation, maintenance and repair of fire safety devices for buildings and constructions. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 2012, no. 2, art. 298 (in Russian).
19. On technical regulation. Federal Law on 27.12.2002 No. 184. *Rossiyskaya gazeta — Russian Newspaper*, 2002, no. 245 (in Russian).
20. Svetushenko S. G. Audit pozharnoy bezopasnosti ili nezavisimaya otsenka pozharnogo riska [The fire safety audit or independent fire risk assessment]. *Algoritm bezopasnosti — Security Algorithm*, 2011, no. 6. Available at: <http://www.algoritm.org/arch/arch.php?id=55&a=1098> (Accessed 10–12 February 2014).
21. *Technique of determination of settlement sizes of fire risk in buildings, constructions and structures of various classes of functional fire danger. Order of Emercom of Russia on 30.06.2009 No. 382.* Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009 (in Russian).
22. *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).
23. On the approval of the Administrative regulations of Emercom of Russia on the provision of public services licensing, but the installation, maintenance and repair of means of maintenance of fire safety of buildings and structures. Order of Emercom of Russia on 28.05.2012 No. 291. Available at: <http://pravo.gov.ru> (Accessed 10–12 February 2014) (in Russian).



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу

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



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

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

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

Р. С. ВОЛКОВ, младший научный сотрудник кафедры автоматизации теплоэнергетических процессов Энергетического института Национального исследовательского Томского политехнического университета (Россия, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 30; e-mail: romanvolkov@tpu.ru)

А. О. ЖДАНОВА, инженер кафедры автоматизации теплоэнергетических процессов Энергетического института Национального исследовательского Томского политехнического университета (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 Энергетического института Национального исследовательского Томского политехнического университета (Россия, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 30; e-mail: pavelspa@tpu.ru)

УДК 536.4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ КАПЕЛЬ ВОДЫ ПРИ ИХ ДВИЖЕНИИ С УМЕРЕННЫМИ СКОРОСТЯМИ ЧЕРЕЗ ГАЗОВУЮ СРЕДУ

Выполнено экспериментальное исследование особенностей изменения формы капель воды при их движении через газовую среду (воздух при температуре около 300 К). Размеры капель и скорости движения варьировались в диапазонах соответственно 3–6 мм и 0–5 м/с. Установлены последовательные “циклы деформации” капель с характерными временами, протяженностью, амплитудами, формами капель и скоростями движения. Выявлены два “режима деформации” капель и определены соотношения времен “циклов деформации” для этих режимов. Установлены формы капель, которые следует использовать при моделировании процессов их движения через газовые среды (в частности, высокотемпературные, соответствующие пламенам при возгораниях и пожарах).

Ключевые слова: капля; вода; форма; конфигурация; деформация; “цикл деформации”; “режим деформации”; геометрическая модель капли.

Введение

Вопросы моделирования движения капельных потоков воды и других жидкостей через газовые среды представляют большой интерес из-за широкого спектра областей приложения таких моделей. Особенно следует выделить процессы движения таких потоков в условиях интенсивных фазовых превращений и химического реагирования (капельные потоки воды и аэрозоли [1–8] для пожаротушения, газопарокапельные струи для обработки поверхностей и материалов [9, 10], парокapпельные потоки для размораживания сыпучих сред [11, 12], теплоносители на основе водяных парокapпельных потоков и продуктов сгорания [13, 14]). Создание и широкое использование различных модельных представлений (в том числе балансовых подходов, сопряженных задач и др.) для исследования закономерностей перемещения капель жидкостей в газовой среде связано с существенными ограничениями по точности и скорости измерений экспериментального оборудования.

Известно несколько монографий [15–18], в которых сформулированы заключения о целесообразности использования установленных форм (сфера,

“блин”, эллипсоид) капель жидкостей при моделировании их движения через газовые среды. Следует отметить, что эти заключения нередко противоположны при идентичных условиях, поэтому вопрос о наиболее близких к реальным формам капель остается открытым. Очевидно, что ответ на этот вопрос можно получить только по результатам экспериментальной высокоскоростной видеорегистрации деформации капель жидкостей в газовой среде с известными параметрами. При этом следует исключить возможность дробления капель (этот процесс существенно усложняет анализ изменения форм капель в течение заданного периода времени). В работах [19–22] показано, что исключить влияние этого процесса можно при умеренных числах Вебера ($We < 7$). Представляет интерес проведение экспериментальной высокоскоростной видеорегистрации изменения форм капель типичной тушащей жидкости (воды) при движении через газовую среду (воздух) с умеренными скоростями ($We < 7$).

Цель настоящей работы — экспериментальное исследование особенностей изменения формы капель воды при движении в воздухе с умеренными скоростями.

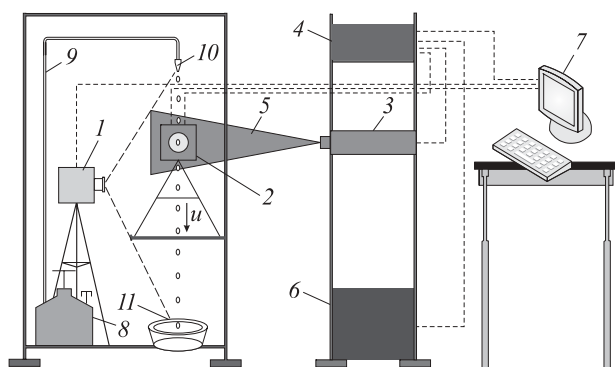


Рис. 1. Схема экспериментального стенда: 1 — высокоскоростная видеокамера; 2 — кросскорреляционная камера; 3 — двойной твердотельный импульсный лазер; 4 — синхронизатор ПК, кросскорреляционной камеры и лазера; 5 — световой «нож»; 6 — генератор лазерного излучения; 7 — ПК; 8 — емкость с водой; 9 — канал подачи воды; 10 — дозатор; 11 — уловитель

Экспериментальный стенд

При проведении исследований использовался экспериментальный стенд, условная схема которого представлена на рис. 1. По основным элементам стенд аналогичен применяемому при проведении экспериментальных исследований процессов испарения одиночных капель и потока тонкораспыленной воды в высокотемпературной (более 1000 К) газовой среде [23–25].

Регистрационная аппаратура стенда включает: видеокамеру 1 с форматом изображения 1024×1024 пикселей, частотой кадров до 100000 в секунду; кросскорреляционную камеру 2 с форматом изображения 2048×2048 пикселей, минимальной задержкой между двумя последовательными кадрами не более 5 мкс; двойной импульсный твердотельный лазер 3 с активной сферой «алюмо-иттриевый гранат» и добавками неодима, имеющий длину волны 532 нм, энергию в импульсе не менее 70 мДж, длительность импульса не более 12 нс, частоту повторений не более 15 Гц; синхронизирующий процессор 4 с дискретизацией сигналов не более 10 нс.

Методика экспериментальных исследований

Расстояние, преодолеваемое каплями воды в экспериментах (от дозатора 10 до уловителя 11), составляло 1 м (см. рис. 1). Начальные размеры капель воды варьировались в диапазоне 3–6 мм. При проведении экспериментов установлено, что в момент отрыва капли от дозатора 10 ее форма близка к сферической, поэтому в качестве начального характерного размера капли принимался ее диаметр d_0 . Начальные скорости капель u_0 варьировались от 0 до 3 м/с. Выбор этого диапазона обусловлен тем, что при испускании дозатором 10 капель с такими

скоростями в регистрационных областях (см. рис. 1) видеокамеры 1 и кросскорреляционной камеры 2 обеспечивалось изменение скоростей движения капель u в довольно широком дозвуковом диапазоне (0–5 м/с).

При проведении экспериментов вода из емкости 8 по каналу 9 поступала на вход дозатора 10. В соответствии с заданными начальными значениями d_0 и u_0 из дозатора 10 выходили капли, которые пролетали через зону регистрации и поступали в уловитель 11. Процесс движения капель регистрировался видеокамерой 1. Проводилось не менее чем по 10 экспериментов для каждого размера и скорости капель при прочих неизменных условиях. После обработки видеопрограмм на персональном компьютере (ПК) 7 выделялись участки с характерными изменениями конфигурации капель. Фиксировались интервалы времени t_d , в течение которых капли завершали полный «цикл деформации», т. е. последовательно дважды принимали близкую к идентичной форму. Далее расстояние между дозатором 10 и уловителем 11 разделялось на группу участков, характеризующих соответствующие «деформационные циклы», и выполнялся анализ «повторяемости» результатов измерений. Погрешности измерения времени t_d , определенные по методикам [26, 27], не превышали 10^{-5} с.

С использованием кросскорреляционной камеры 2, твердотельного импульсного лазера 3 и синхронизатора 4 для выделенных участков, которые характеризуются соответствующими «деформационными циклами», проводилось измерение размеров капель. Аналогично алгоритмам и методикам [23–25] рассчитывался масштабный коэффициент S (для видеопрограмм кросскорреляционной камеры в рассматриваемых экспериментах значения S изменялись от 0,01 до 0,1 мм/пиксель). С использованием специализированных координатных сеток вычислялись условные (так как форма капель соответствует в основном эллипсоидам) максимальные диаметры капель в пикселях, а затем с применением коэффициента S выполнялся их пересчет в миллиметры. Погрешности средств измерения размеров капель, определенные по методикам [26, 27], составили 10^{-5} м.

В проведенных экспериментах с использованием кросскорреляционного видеокomплекса вычислялись также мгновенные скорости движения капель u в регистрационной области видеокдра. В воду добавлялись (аналогично методикам [23–25] около 0,5 % по массе) частицы нанопорошка диоксида титана (выбор TiO_2 в качестве «трассеров» обусловлен тем, что его частицы не растворяются в воде [23–25]). Выполнялась фотосъемка, и по полученным видеокдрам определялось расстояние, пре-

одолеваемое каплями за интервал времени между вспышками лазера. При известных временных задержках между вспышками лазера и вычисленных расстояниях, преодолеваемых каплями, определялись скорости их движения u . При помощи масштабного коэффициента S выполнялся пересчет скорости в единицы системы СИ. Систематические погрешности определения мгновенных скоростей движения капель не превышали 0,05 м/с.

Благодаря проведению серий экспериментов за достаточно короткие интервалы времени обеспечивались умеренные случайные погрешности вычисления основных характеристик деформации капель: размеры — до 5 %, времена t_d — до 4 %, скорости движения — до 2 %.

Результаты исследований и их обсуждение

При проведении экспериментальных исследований выявлены два “деформационных режима” движения капель воды через газовую среду. Характерные и довольно типичные для выполненных опытов формы капель воды при реализации каждого из этих режимов представлены на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что форма капли воды при движении непрерывно меняется. При этом установленные формы капель хорошо согласуются с результатами работ [28, 29]. Следует отметить, что на рис. 2 приведены лишь основные характерные формы капель (кроме них, в экспериментах установлено множество переходных форм, соответствующих в основном эллипсоидам). Реализация того или иного “режима деформации” капель может быть объяснена некоторым (менее 3°) изменением углов наклона выпускающего канала дозатора 10. При вертикальном испускании капель реализуется первый режим. В случае даже небольшого отклонения угла наклона выпускающего канала дозатора 10 деформация капель происходит по второму режиму.

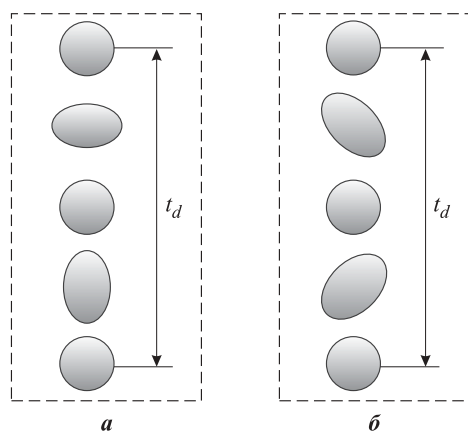


Рис. 2. Характерные формы капель воды в рамках первого (а) и второго (б) “деформационных режимов”

В экспериментах также установлено, что на реализацию выявленных “режимов деформации” капель довольно существенно влияет и частота их испускания дозатором 10. Так, например, при испускании менее 1 капли в секунду на видеogramмах наблюдаются изображения капель, соответствующие первому режиму (см. рис. 2, а). При увеличении частоты испускания реализуется второй режим (см. рис. 2, б), при котором характер движения капель можно назвать вращательным. Очевидно, что выявленная закономерность обусловлена ростом давления в дозаторе при повышении частоты испускания капель. Для многих реальных приложений частота подачи капель с использованием распылителей, дозаторов или насадок изменяется в широких диапазонах, поэтому возможна реализация обоих из установленных “режимов деформации”.

Анализ видеogramм, полученных в экспериментах, позволил установить, что характерные времена “деформационных циклов” t_d в рамках второго режима превышают аналогичный показатель для первого “режима деформации” на 10–15 %. Выявленная особенность обусловлена различием масштабов действия сил сопротивления капель в формах, соответствующих исследуемым режимам. В [18] показано, что эти силы максимальны для капель в форме “блинов” и минимальны для сфер. Для второго “режима деформации” наиболее типичной можно считать форму эллипсоида (см. рис. 2, б), вращающегося относительно своего центра масс. Для таких форм силы сопротивления имеют средние значения относительно сфер и “блинов”. Так как средняя площадь поверхности капли, на которую направлены основные силы сопротивления, для второго режима (см. рис. 2, б) больше по сравнению с первым (см. рис. 2, а), то и характерные времена t_d превышают аналогичные параметры для первого режима.

На рис. 3 представлены зависимости безразмерных параметров, характеризующих изменение условных диаметров капель в процессе движения ($\Delta_x = (d_x - d_0)/d_0$, $\Delta_y = (d_y - d_0)/d_0$, где d_x , d_y — максимальные поперечный и продольный относительно направления движения размеры капли), от времени “деформационного цикла” в рамках первого “режима деформации” при $d_0 = 4$ мм и $u = 1$ м/с.

При анализе рис. 3 следует особенно выделить асимметрию изменений размеров капель по двум координатам ($\Delta_x \neq \Delta_y$). На основании этого можно утверждать, что изменение размеров капли при ее движении происходит одновременно по всем трем координатам. Установленный в экспериментах трехмерный характер процесса деформации капель следует учитывать при разработке и дальнейшем развитии физических и математических моделей движения капель жидкости в газовых средах [8].

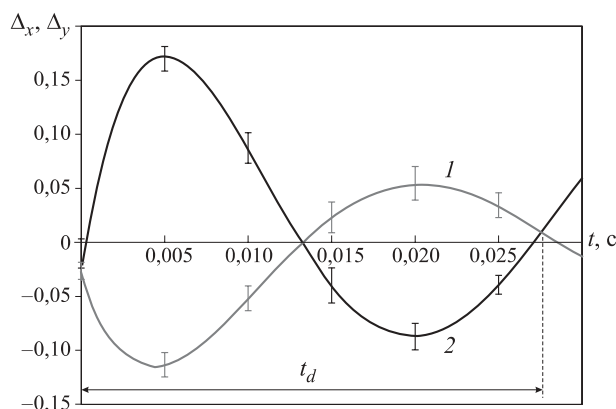


Рис. 3. Значения Δ_x (1) и Δ_y (2) при $u = 1$ м/с и $d_0 = 4$ мм в течение одного “деформационного цикла”

Обработка серий проведенных экспериментов также позволила установить следующие особенности: с ростом диаметра d_0 от 3 до 6 мм наблюдается незначительное (менее 7 %) снижение амплитуд Δ_x и Δ_y ; увеличение же скоростей перемещения капель в воздушной среде от 1 до 5 м/с, напротив, приводит к росту амплитуд Δ_x и Δ_y на 15 %. Очевидно, что эти особенности обусловлены соответствующим изменением действия массовых и инерционных сил.

Анализ изменения формы капли в пределах каждого отдельно взятого “деформационного цикла” позволил установить закономерность, связанную с неравенством интервалов времен перехода Δt от одной формы капли к другой (в частности, от сферической к эллипсоидальной и наоборот). Данная закономерность характерна для обоих “деформационных режимов” (см. рис. 2).

На рис. 4 представлены интервалы времени Δt между изменениями форм (показаны условно) капли воды размером $d_0 = 4$ мм, двигающейся со скоростью $u = 3$ м/с, в трех последовательных “деформационных циклах” (рассмотрен первый “режим деформации”). Параметр n_d характеризует порядковый номер формы капли в рамках трех циклов. Номера форм капель 1–5 на рис. 4 соответствуют первому “циклу деформации”, 5–9 — второму, 9–13 — третьему.

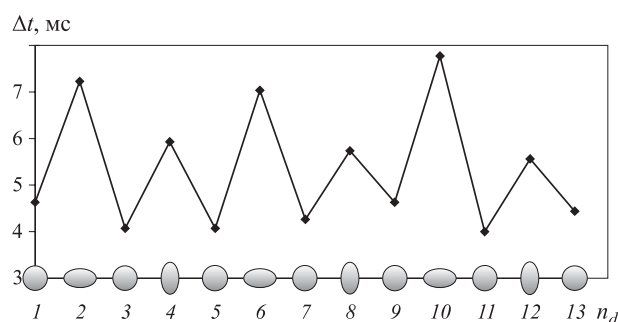


Рис. 4. Интервалы времени между характерными формами капель воды в пределах нескольких “деформационных циклов” при $u = 3$ м/с и $d_0 = 4$ мм

Из рис. 4 видно, что время перехода от сферической формы капель к эллипсоидальной на 25–40 % больше, чем время обратного перехода. Можно сделать вывод, что капли приобретают форму эллипсоида за более длительный интервал времени по сравнению со сферами. Известно, что силы сопротивления, действующие на капли или твердые частицы сферической формы при их движении в газовых средах, меньше [18], чем при эллипсоидальных конфигурациях капель и частиц. Как следствие, “торможение” газовой средой капель в форме эллипсоидов происходит интенсивнее, чем сфер. Это приводит к ослаблению эффекта ускорения движения капель под действием силы тяжести и росту интервала Δt для перехода из сферы в эллипсоид. При обратном переходе сила сопротивления несколько снижается, движение капли ускоряется и время Δt уменьшается. С увеличением числа пройденных “циклов деформации” установленная закономерность сохраняется, однако интервалы времени Δt существенно снижаются, как и в целом значения t_d .

В экспериментах также установлено, что соотношение значений времени перехода из сферы в эллипсоид, вытянутой перпендикулярно направлению движения, и эллипсоид, вытянутой по направлению движения (см. рис. 2, а), непостоянно и довольно значительно изменяется по ходу движения капли. Так, при испускании дозатором капель с $d_0 = 4$ мм и $u_0 = 0,5$ м/с установлены следующие закономерности. В рамках первых трех “деформационных циклов” (средняя скорость движения капель — около 0,7 м/с) рассматриваемые времена отличаются не более чем на 5 % в ту или иную сторону (происходят соответствующие колебания). С 4-го по 9-й “деформационные циклы” включительно (средняя скорость движения капель — около 1,5 м/с) разница между рассматриваемыми временами колеблется уже в диапазоне 8–36 %. При этом так же, как и в первых трех циклах, наблюдаются колебания соотношений данных времен. Для 10-го и последующих с момента испускания капли “циклов деформации” (средняя скорость капель — около 2,8 м/с) соотношение рассматриваемых времен приобретает постоянный характер. При этом значения времен переходов от сферических форм к эллипсоидальным, вытянутым перпендикулярно направлению движения, на 18–28 % больше, чем соответствующие времена переходов к эллипсоидальным, вытянутым по направлению движения. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что с ростом числа пройденных “циклов деформации” процесс изменения форм капель несколько стабилизируется. Это обусловлено интенсификацией процесса трансформации поверхности капель и, как следствие, ускорением переходов от одной формы к другой.

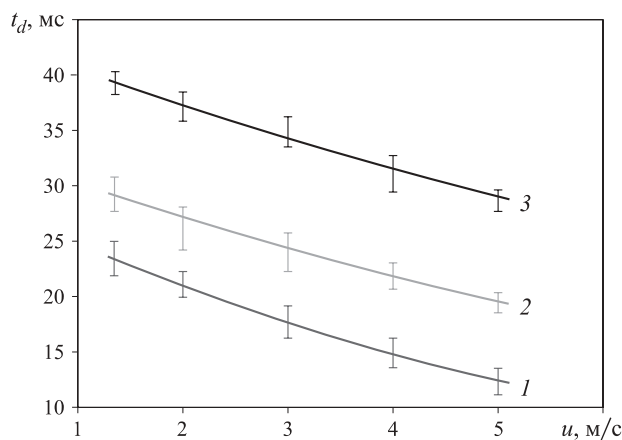


Рис. 5. Зависимость времени t_d от скорости каплей воды: 1 — $d_0 = 3$ мм, 2 — $d_0 = 4,5$ мм, 3 — $d_0 = 6$ мм

На рис. 5 приведены зависимости t_d от скоростей движения каплей воды u для различных значений d_0 . Анализ рис. 5 позволяет сделать вывод о существенном влиянии на характеристики деформации не только скоростей u , но и начальных размеров d_0 . Так, повышение скоростей движения u каплей воды приводит к снижению значений t_d , а увеличение размеров каплей d_0 — напротив, к росту характерных времен t_d .

На рис. 6 приведены результаты экспериментов по установлению значений t_d при $u = 0 \div 5$ м/с и варьировании диаметра d_0 от 3 до 6 мм в сопоставлении с данными [28]. Сравнение кривых 1 и 2 показывает, что значения t_d достаточно хорошо коррелируют с данными экспериментов [28]. В то же время следует отметить, что времена t_d , приведенные в [28], превышают значения, полученные в выполненных экспериментах при идентичных условиях ($u_0 \rightarrow 0$ м/с). Анализ видеок кадров в момент отрыва каплей от дозатора показал, что форме капли, принимаемой в [28] в качестве начальной, предшествует некоторый интервал времени, который и включает непосредствен-

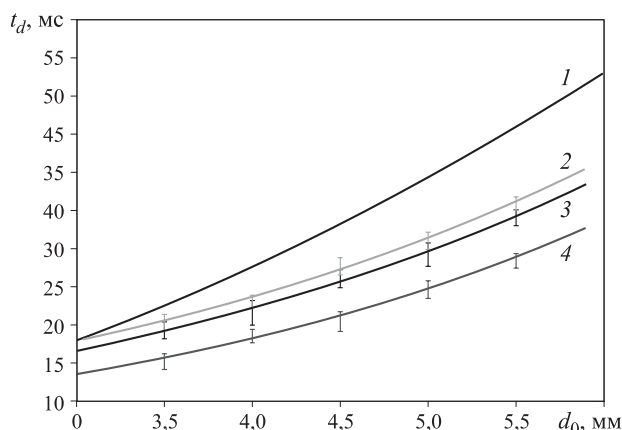


Рис. 6. Зависимость времени t_d от начальных размеров каплей воды: 1 — аппроксимационная кривая [28]; 2–4 — аппроксимации результатов экспериментов при скоростях на входе в “цикл деформации” $u = 1$ м/с (2), $u = 3$ м/с (3) и $u = 5$ м/с (4)

но процесс отрыва. Этот интервал времени с ростом размеров каплей увеличивается с 5 до 12 мс. Если эти времена включить в первый “цикл деформации”, то значения t_d , полученные в рассматриваемых экспериментах и [28], будут отличаться менее чем на 3 %.

Можно также отметить, что скорости каплей на входе в первый “цикл деформации” отличаются от экспериментов [28]. Из анализа видеок кадров [28] установлено, что эти отличия достигают 6 %. Скорее всего, по этим двум причинам значения t_d в выполненных экспериментах отличаются (см. рис. 6) от результатов, приведенных в [28].

В [30] представлена модель тепломассопереноса, в которой учитывается непрерывное изменение формы каплей (моделируется циклическое изменение коэффициента сопротивления c_χ). При этом уравнение движения каплей в условиях парообразования с учетом действия сил сопротивления и тяжести имеет следующий вид [30]:

$$\frac{du}{dt} = \frac{3\rho_v}{4\rho_d 2r_d} c_\chi |u - u_e| (u - u_e) + g, \quad (1)$$

где ρ_d , ρ_v — плотность соответственно воды и ее паров, кг/м³;

u_e — линейная скорость паров воды вблизи торцевых поверхностей каплей, м/с;

r_d — радиус каплей, м;

g — ускорение свободного падения, м/с².

Численные оценки характерных времен и скоростей перемещения каплей воды в рассматриваемых условиях с использованием уравнения (1) показали достаточно хорошее согласие (отличия не превышали 18 %) с измеренными в экспериментах значениями t_d и u . При этом в модели [30] геометрическое представление капли соответствовало цилиндрическому диску, вытянутому в направлении ее перемещения, а значения коэффициента сопротивления c_χ изменялись непрерывно от 0,4–0,5 (для сфер) до 0,7–0,8 (для эллипсоидов, “блинов” и цилиндрических дисков). Полученные отклонения можно считать вполне удовлетворительными, если учитывать установленную в экспериментах асимметрию деформационного движения каплей. В то же время можно отметить, что учет реального времени перехода от одной формы каплей к другой в соответствии с результатами серий проведенных опытов позволит приблизить модельные представления [30] к наблюдаемым на практике значениям. Это, в свою очередь, позволит создать достаточно точный прогностический аппарат.

Заключение

Результаты, полученные в экспериментальных исследованиях, и приведенные теоретические заключения позволяют сделать вывод, что при численном

моделировании движения капель воды и других широко используемых в различных приложениях жидкостей через газовые среды можно использовать подход [30], при котором капля представляется в форме вытянутого в направлении движения цилиндра и учитывается непрерывное изменение коэффициента сопротивления движению c_x в соответствии с реальными формами капель (сфера, «блин», эллипсоид и др.). Возможно использование также традиционных геометрических интерпретаций мо-

дели капли — сферы или эллипсоида [15–18], но и при этом для приближения к реальным процессам целесообразно учитывать непрерывное изменение c_x . Характер этого изменения довольно хорошо проиллюстрирован в проведенных экспериментах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (госконтракт 2.1321.2014).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Karpov A. I., Novozhilov V. B., Galat A. A., Bulgakov V. K. Numerical modeling of the effect of fine water mist on the small scale flame spreading over solid combustibles // Fire Safety Science : Proceeding of Eight International Symposium. — 2005. — Vol. 27. — P. 753–764.
2. Карпышев А. В., Душкин А. Л., Рязанцев Н. Н. Разработка высокоэффективного универсального огнетушителя на основе генерации струй тонкораспыленных огнетушащих веществ // Пожаровзрывобезопасность. — 2007. — Т. 16, № 2. — С. 69–73.
3. Соковиков 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.
4. Сегаль М. Д. Использование тонкораспыленной воды для повышения противопожарной защиты кабельных сооружений АЭС // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. — 2011. — № 4. — С. 61–64.
5. Корольченко Д. А., Громоной В. Ю., Ворогушин О. О. Применение тонкораспыленной воды для тушения пожаров в высотных зданиях // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 11. — С. 54–57.
6. Душкин А. Л., Карпышев А. В., Ловчинский С. Е. Особенности распространения жидкостной струи в атмосфере // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 12. — С. 45–48.
7. Xiao X. K., Cong B. H., Wang X. S., Kuang K. Q., Yuen Richard K. K., Liao G. X. On the behavior of flame expansion in pool fire extinguishment with steam jet // Journal of Fire Sciences. — 2011. — Vol. 29, No. 4. — P. 339–360.
8. Волков Р. С., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Численная оценка оптимальных размеров капель воды в условиях ее распыления средствами пожаротушения в помещениях // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 5. — С. 74–78.
9. Марьин Б. Н., Ким В. А., Сысоев О. Е. Обработка поверхностей в металлургии и машиностроении. — Владивосток : Дальнаука, 2011. — 421 с.
10. Ибатуллин И. Д. Кинетика усталостной повреждаемости и разрушения поверхностных слоев. — Самара : СГТУ, 2008. — 387 с.
11. Перишин В. Ф., Однолько В. Г., Перишина С. В. Переработка сыпучих материалов в машинах барабанного типа. — М. : Машиностроение, 2009. — 220 с.
12. Исаев Е. А., Чернецкая И. Е., Крахт Л. Н., Титов В. С. Теория управления окомкованием сыпучих материалов. — Старый Оскол : ТНТ, 2012. — 384 с.
13. Никитин М. Н. Влияние направленного впрыска воды в теплогенераторе на давление получаемой парогазовой смеси // Промышленная энергетика. — 2010. — № 6. — С. 42–46.
14. Никитин М. Н. Использование парогазовой смеси при сжигании топлива // Промышленная энергетика. — 2010. — № 12. — С. 37–42.
15. Гегузин Я. Е. Капля. — М. : Наука, 1973. — 161 с.
16. Волинский М. С. Необыкновенная жизнь обыкновенной капли. — М. : Знание, 1986. — 144 с.
17. Нигматуллин Р. И. Динамика многофазных сред. — М. : Наука, 1987. — 464 с.
18. Терехов В. И., Пахомов М. А. Тепломассоперенос и гидродинамика в газокapельных потоках. — Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2009. — 284 с.
19. Shraiber A. A., Podvysotsky A. M., Dubrovsky V. V. Deformation and breakup of drops by aerodynamic forces // Atomization and Sprays. — 1996. — Vol. 6, No. 6. — P. 667–692. doi: 10.1615/AtomizSpr.v6.i6.30.

20. Hwang S. S., Liu Z., Reitz R. D. Breakup mechanisms and drag coefficients of high-speed vaporizing liquid drops // *Atomization and Sprays*. — 1996. — Vol. 6, No. 3. — P. 353–376. doi: 10.1615/AtomizSpr.v6.i3.60.
21. Guildenbecher D. R., Sojka P. E. Experimental investigation of aerodynamic fragmentation of liquid drops modified by electrostatic surface charge // *Atomization and Sprays*. — 2011. — Vol. 21, No. 2. — P. 139–147. doi: 10.1615/AtomizSpr.2011003299.
22. Flock A. K., Guildenbecher D. R., Chen J., Sojka P. E., Bauer H. J. Experimental statistics of droplet trajectory and air flow during aerodynamic fragmentation of liquid drops // *International Journal of Multiphase Flow*. — 2012. — Vol. 47. — P. 37–49.
23. Волков Р. С., Высокоморная О. В., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Экспериментальное исследование изменения массы капель воды при их движении через высокотемпературные продукты сгорания // *Инженерно-физический журнал*. — 2013. — Т. 86, № 6. — С. 1327–1332.
24. Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Движение совокупности капель мелкодисперсной жидкости во встречном потоке высокотемпературных газов // *Письма в журнал технической физики*. — 2014. — Т. 40, № 12. — С. 11–18.
25. Волков Р. С., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Влияние начальных параметров распыленной воды на характеристики ее движения через встречный поток высокотемпературных газов // *Журнал технической физики*. — 2014. — Т. 84, № 7. — С. 15–23.
26. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. — М.: Мир, 1972. — 381 с.
27. Зайдель А. Н. Элементарные оценки ошибок измерений / Академия наук СССР. — 3-е изд., испр. и доп. — Л.: Наука, 1968. — 96 с.
28. Дубровский В. В., Подвысоцкий А. М., Шрайбер А. А. Измерение периода собственных колебаний капель и двухкомпонентных частиц // *Инженерно-физический журнал*. — 1990. — Т. 59, № 5. — С. 804–807.
29. Thinh E. H., Holt R. G., Thiessen D. B. The dynamics of ultrasonically levitated drops in an electric field // *Physics of Fluids*. — 1996. — Vol. 8, No. 1. — P. 43–61.
30. Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Влияние формы капли воды на результаты математического моделирования ее испарения при движении через высокотемпературные продукты сгорания // *Тепловые процессы в технике*. — 2013. — № 6. — С. 254–261.

Материал поступил в редакцию 3 июня 2014 г.

English

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE FEATURES OF CHANGES IN THE FORM OF WATER DROPLETS AT THEIR MOVEMENT WITH MODERATE RATES THROUGH THE GAS AREA

VOLKOV R. S., Low Researcher of Automation Thermal and Power Processes Department, Institute of Power Engineering of National Research Tomsk Polytechnic University (Lenina Avenue, 30, Tomsk, 634050, Russian Federation; e-mail address: romanvolkov@tpu.ru)

ZHDANOVA A. O., Engineer of Automation Thermal and Power Processes Department, Power Institute of National Research Tomsk Polytechnic University (Lenina Avenue, 30, Tomsk, 634050, Russian Federation; e-mail address: zhdanovaao@tpu.ru)

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

ABSTRACT

The article presents scheme, technique and experimental investigation results of the features of changes in the form of water droplets at their movement through the gas area. The modern high-speed registration equipment is used for the experimental researches. It is established that the measurement errors of liquid droplet sizes are no more than 5 %, times — 4 %, movement rates — 2 %.

Two characteristic “deformation mode” of water droplets at movement through the gas area were identified. Ranges of limit changes of the droplet sizes from spherical form at its movement with moderate rates are established. Asymmetry of transition times between the characteristic forms of a droplet within a “deformation cycle” is shown. It is established that with growth of droplets movement rates the characteristic times of “deformation cycles” decrease. Times of “deformation cycles” increase with growth of the initial droplet sizes. A good agreement of the received results to earlier known data is obtained.

It is shown that when carrying out numerical researches of the described processes it is expedient to consider continuous change of a droplet form (resistance coefficient) in the course of movement.

Keywords: droplet; water; form; configuration; deformation; “deformation cycle”; “deformation mode”; geometrical droplet model.

REFERENCES

1. Karpov A. I., Novozhilov V. B., Galat A. A., Bulgakov V. K. Numerical modeling of the effect of fine water mist on the small scale flame spreading over solid combustibles. *Fire Safety Science: Proceeding of Eight International Symposium*, 2005, vol. 27, pp. 753–764.
2. Karpyshev A. V., Dushkin A. L., Ryazantsev N. N. Razrabotka vysokoeffektivnogo universalnogo ognetyshitel'ya na osnove generatsii struy tonkoraspylennykh ognetyshashchikh veshchestv [Development of the highly effective universal fire extinguisher on the basis of generation of sprayed streams of the extinguishing substances]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2007, vol. 16, no. 2, pp. 69–73.
3. Sokovikov V. V., Tugov A. N., Grishin V. V., Kamyshev V. N. Avtomaticheskoye vodyanoye pozharotusheniye s primeneniym tonkoraspylennoy vody na elektrostantsiyakh [Automatic water fire extinguishing with using of sprayed water at power plants]. *Energetic — Power Engineer*, 2008, no. 6, pp. 37–38.
4. Segal M. D. Ispolzovaniye tonkoraspylennoy vody dlya povysheniya protivopozharnoy zashchity kabelnykh sooruzheniy AES [The water mist system for cable construction of nuclear power plant fire protection]. *Problemy bezopasnosti i chrezvychaynykh situatsiy — Problems of Safety and Emergency Situations*, 2011, no. 4, pp. 61–64.
5. Korol'chenko 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 systems]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 9, pp. 54–57.
6. Dushkin A. L., Karpyshev A. V., Lovchinskiy S. Ye. Osobennosti rasprostraneniya zhidkostnoy strui v atmosfere [Liquid propagation features in atmosphere]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 12, pp. 45–48.
7. Xiao X. K., Cong B. H., Wang X. S., Kuang K. Q., Yuen Richard K. K., Liao G. X. On the behavior of flame expansion in pool fire extinguishment with steam jet. *Journal of Fire Sciences*, 2011, vol. 29, no. 4, pp. 339–360.
8. Volkov R. S., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Chislennaya otsenka optimalnykh razmerov kapel vody v usloviyakh yeye raspyleniya sredstvami pozharotusheniya v pomeshcheniyakh [Numerical estimation of optimum sizes for water drops at the conditions of its dispersion by firefighting devices at place-ments]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 5, pp. 74–78.
9. Maryin B. N., Kim V. A., Sysoev O. Ye. Obrabotka poverkhnostey v metallurgii i mashinostroyenii [Surface treatment in metallurgy and mechanical engineering]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 2011. 421 p.
10. Ibatullin I. D. Kinetika ustalostnoy povrezhdayemosti i razrusheniya poverkhnostnykh sloyev [Kinetics of damage and fatigue fracture of surface layers]. Samara, SGTU Publ., 2008. 387 p.
11. Pershin V. F., Odnolko V. G., Pershina S. V. Pererabotka sypuchikh materialov v mashinakh baraban-nogo tipa [Processing of bulk materials in the drum type machines]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 2009. 220 p.
12. Isaev Ye. A., Chernetskaya I. Ye., Krakht L. N., Titov V. S. Teoriya upravleniya okomkovaniyem sy-puchikh materialov [Theory pelletizing bulk materials]. Staryy Oskol, TNT Publ., 2012. 384 p.
13. Nikitin M. N. Vliyaniye napravlennoy vpryska vody v teplogeneratore na davleniye poluchayemoy parogazovoy smesi [Influence of the directed injection of water in the heatgenerator on pressure of re-ceived steam-gas mix]. *Promyshlennaya energetika — Industrial Energy*, 2010, no. 6, pp. 42–46.
14. Nikitin M. N. Ispolzovaniye parogazovoy smesi pri szhiganii topliva [Using a gas-vapor mixture in the combustion of fuel]. *Promyshlennaya energetika — Industrial Energy*, 2010, no. 12, pp. 37–42.

15. Geguzin Ya. Ye. *Kaplya* [Droplet]. Moscow, Nauka Publ., 1973. 161 p.
16. Volynskiy M. S. *Neobyknovennaya zhizn obyknovennoy kapli* [The extraordinary life of an ordinary droplet]. Moscow, Znaniye Publ., 1986. 144 p.
17. Nigmatulin R. I. *Dinamika mnogofaznykh sred* [Dynamics of multiphase media]. Moscow, Nauka Publ., 1987. 464 p.
18. Terekhov V. I., Pakhomov M. A. *Teplomassoperenos i gidrodinamika v gazokapelnnykh potokakh* [Heat and mass transfer and hydrodynamics in a gas-droplet flows]. Novosibirsk, NGTU Publ., 2009. 284 p.
19. Shraiber A. A., Podvysotsky A. M., Dubrovsky V. V. Deformation and breakup of drops by aerodynamic forces. *Atomization and Sprays*, 1996, vol. 6, no. 6, pp. 667–692. doi: 10.1615/AtomizSpr.v6.i6.30.
20. Hwang S. S., Liu Z., Reitz R. D. Breakup mechanisms and drag coefficients of high-speed vaporizing liquid drops. *Atomization and Sprays*, 1996, vol. 6, no. 3, pp. 353–376. doi: 10.1615/AtomizSpr.v6.i3.60.
21. Guildenbecher D. R., Sojka P. E. Experimental investigation of aerodynamic fragmentation of liquid drops modified by electrostatic surface charge. *Atomization and Sprays*, 2011, vol. 21, no. 2, pp. 139–147. doi: 10.1615/AtomizSpr.2011003299.
22. Flock A. K., Guildenbecher D. R., Chen J., Sojka P. E., Bauer H. J. Experimental statistics of droplet trajectory and air flow during aerodynamic fragmentation of liquid drops. *International Journal of Multiphase Flow*, 2012, vol. 47, pp. 37–49.
23. Volkov R. S., Vysokomornaya O. V., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Eksperimentalnoye issledovaniye izmeneniya massy kapel vody pri ikh dvizhenii cherez vysokotemperaturnyye produkty sgoraniya [Experimental study of the change in the mass of water droplets in their motion through high-temperature combustion products]. *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal — Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2013, vol. 86, no. 6, pp. 1327–1332.
24. Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Dvizheniye sovokupnosti kapel melkodispersnoy zhidkosti vo vstrechnom potoke vysokotemperaturnykh gazov [Movement of set of finely dispersed liquid droplets in a counter-flow of high-temperature gases]. *Pisma v zhurnal tekhnicheskoy fiziki — Technical Physics Letters*, 2014, vol. 40, no. 12, pp. 11–18.
25. Volkov R. S., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Vliyaniye nachalnykh parametrov raspylennoy vody na kharakteristiki yeye dvizheniya cherez vstrechnyy potok vysokotemperaturnykh gazov [Influence of initial parameters of the sprayed water on the characteristics of its movement through the counter-flow of high-temperature gases]. *Zhurnal tekhnicheskoy fiziki — Technical Physics*, 2014, vol. 84, no. 7, pp. 15–23.
26. Shenk Kh. *Teoriya inzhenerenogo eksperimenta* [Theory of engineering experiment]. Moscow, Mir Publ., 1972. 381 p.
27. Zaydel A. N. *Elementarnyye otsenki oshibok izmereniy* [Simple estimates of measurement errors]. Academy of Sciences of the USSR. Leningrad, Nauka Publ., 1968. 96 p.
28. Dubrovskiy V. V., Podvysotskiy A. M., Shrayber A. A. Izmereniye perioda sobstvennykh kolebaniy kapel i dvukhkompontentnykh chastits [Measurement of the natural oscillations period of drops and two-component particles]. *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal — Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 1990, vol. 59, no. 5, pp. 804–807.
29. Thinh E. H., Holt R. G., Thiessen D. B. The dynamics of ultrasonically levitated drops in an electric field. *Physics of Fluids*, 1996, vol. 8, no. 1, pp. 43–61.
30. Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Vliyaniye formy kapli vody na rezultaty matematicheskogo modelirovaniya yeye ispareniiya pri dvizhenii cherez vysokotemperaturnyye produkty sgoraniya [Influence of water droplets form on results of mathematical modeling at its evaporation at movement through high-temperature combustion products]. *Teplovyye protsessy v tekhnike — Thermal Processes in Technique*, 2013, no. 6, pp. 254–261.

Н. М. БАРБИН, д-р техн. наук, канд. хим. наук, заведующий кафедрой химии Уральского государственного аграрного университета (Россия, 620075, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42); старший научный сотрудник Уральского института ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: NMBarbin@mail.ru)

А. М. КОБЕЛЕВ, старший преподаватель кафедры пожарной автоматики Уральского института ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22)

Д. И. ТЕРЕНТЬЕВ, канд. хим. наук, доцент кафедры физики и теплообмена Уральского института ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22)

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

УДК 541.11

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ПРИ НАГРЕВЕ (СЖИГАНИИ) РАДИОАКТИВНОГО ГРАФИТА В ПАРАХ ВОДЫ

Методом термодинамического моделирования изучено поведение радионуклидов при сгорании радиоактивного графита в парах воды. Установлено, что радиоактивный хлор присутствует в виде парообразного HCl и атомарного Cl , радиоактивный америций — в виде парообразного Am , радиоактивный углерод — в виде газообразных CO и CO_2 , радиоактивный никель — в виде атомарного Ni и парообразных NiOH , NiO_2H_2 , NiH , радиоактивный уран — в виде парообразных UO_3 и UO_2 , радиоактивный плутоний — в виде парообразных PuO_2 и PuO , радиоактивный бериллий — в виде парообразных $\text{Be}(\text{OH})_2$ и BeOH , радиоактивный кальций — в виде парообразных $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaOH , атомарного Ca и оксида кальция, радиоактивный стронций — в виде парообразных $\text{Sr}(\text{OH})_2$, SrOH , оксида стронция и атомарного Sr , радиоактивный цезий — в виде пара Cs и парообразного CsOH .

Ключевые слова: термодинамическое моделирование; радионуклиды; радиоактивный графит; окисление; горение.

На сегодняшний день в нашей стране эксплуатируется 10 атомных электростанций (в общей сложности 33 энергоблока установленной мощностью 25,2 ГВт), которые вырабатывают около 16 % всего производимого электричества, при этом в Европейской части России доля атомной энергетики достигает 30 %, а на северо-западе страны — 37 %. Организационно все АЭС представляют собой филиалы ОАО "Концерн "Росэнергоатом", который входит в состав подконтрольного Госкорпорации "Росатом" ОАО "Атомэнергпром" и является второй в Европе энергетической компанией по объему атомной генерации, уступая лишь французской EDF, и первой по объему генерации внутри страны [1].

В России наиболее распространены реакторы на тепловых нейтронах, в которых замедлителем и теплоносителем является обычная вода (водо-водяные энергетические реакторы (ВВЭР)), и водографитовые реакторы с кипящим водяным теплоноси-

телем (РБМК), в которых в качестве замедлителя выступает графит [1].

Основу активной зоны РБМК составляет графитовый цилиндр, выполняющий роль замедлителя. У РБМК-1000 он имеет высоту 7 м и диаметр 11,8 м и сложен из блоков меньшего размера. Графит пронизан большим количеством вертикальных отверстий, через каждое из которых проходит труба с теплоносителем [2].

Реактор РБМК работает по одноконтурной схеме. Циркуляция теплоносителя осуществляется в контуре многократной принудительной циркуляции. В активной зоне вода, охлаждающая ТВЭЛы, частично испаряется, и образующаяся пароводяная смесь поступает в барабаны-сепараторы. В них происходит сепарация пара, который поступает на турбоагрегат. Остающаяся вода смешивается с питательной водой и с помощью главных циркуляционных насосов подается в активную зону реактора.

Одним из факторов, определяющих надежность и безопасность работы АЭС с водографитовыми реакторами, является надежность графитового замедлителя (кладки), рассчитанного на весь срок эксплуатации реактора [2].

Один из основных параметров, лимитирующих работу реактора РБМК, — температура графита. В практике принято, что на всех режимах работы реактора максимальная температура не должна превышать порогового значения 750–800 °С, выше которого окисление графита в присутствии водяных паров идет более интенсивно. При нестационарных режимах работы реакторов РБМК влияние графитовой кладки на надежность и безопасность АЭС еще более возрастает, так как изменение мощности реактора связано с термоциклическими напряжениями в графите и может привести к преждевременному разрушению кладки [2].

Более того, возможна запроектная авария, подобная аварии на четвертом блоке Чернобыльской АЭС. Там при взрыве в активной зоне реактора произошло повреждение труб технологических каналов, в результате чего вода и пар в смеси с перегретой топливной “пылью”, заполнив реакторное пространство, попали на горячий графит [3].

В настоящей работе изучалось поведение радионуклидов при нагревании (горении) радиоактивного графита в парах воды. Причем поведение радиоактивных элементов не отличается от поведения их не радиоактивных изотопов [4].

Исследования проводили методом термодинамического моделирования [5–7], который успешно использовался для изучения неорганических веществ при высоких температурах в металлургии и материаловедении [8–10], а также в физике [11–14].

Термодинамическое моделирование заключается в термодинамическом анализе равновесного состояния систем в целом (полный термодинамический анализ). Теоретические основы термодинамического моделирования изложены в [4].

Радиоактивные элементы, присутствующие в реакторном графите, и их химические разновидности, необходимые для термодинамического моделирования, приведены в табл. 1.

Исходная система для окисления радиоактивного графита в парах воды состоит из газовой и конденсированной фаз. Газовая фаза содержит пары H_2O , конденсированная фаза представляет собой радиоактивный графит [15]. Состав исходной системы приведен в табл. 2.

Равновесный состав конденсированной фазы представлен на рис. 1. Наиболее значимыми компонентами ее являются $CaCO_3$, CaO , U_3O_5 .

В интервале температур от 373 до 973 К практически весь кальций находится в виде конденсиро-

ванного $CaCO_3$ (0,79 мол. дол.). Повышение температуры с 973 до 1473 К ведет к уменьшению доли конденсированного $CaCO_3$ до 0,001 мол. дол. и увеличению доли конденсированного CaO до 0,79 мол. дол. При дальнейшем повышении температур до 2873 К

Таблица 1. Долгоживущие радионуклиды в графите

Радионуклид	Тип соединения
^{10}Be	Оксиды, галогениды, нитраты
^{14}C	C, CO, CO_2
^{36}Cl	Соединения с H, Li, Na, K, Rb, Cs
^{41}Ca	Все соединения
^{59}Ni	Ni, $Ni_{(r)}$, $Ni_{2(r)}$, $NiCl_{(r)}$, $NiCl_2$, $NiCl_{2(r)}$, $NiCl_{3(r)}$, $NiCO_3$, $NiH_{(r)}$, NiO , $NiO_{(r)}$, $NiOH_{(r)}$, $Ni(OH)_2$, $Ni(OH)_{2(r)}$, $Ni(OH)_3$, $Ni(CO)_4$
^{90}Sr	Sr, $Sr_{(r)}$, $Sr_{2(r)}$, $SrCl_{(r)}$, $SrCl_2$, $SrCl_{2(r)}$, $SrCO_3$, SrO , $SrO_{(r)}$, SrO_2 , $SrOH_{(r)}$, $Sr(OH)_2$, $Sr(OH)_{2(r)}$
^{137}Cs , ^{134}Cs	Cs, $Cs_{(r)}$, $CsCl$, $CsCl_{(r)}$, $Cs_2Cl_{2(r)}$, $CsClO_3$, $CsClO_4$, Cs_2CO_3 , $Cs_2CO_{3(r)}$, $CsH_{(r)}$, $CsHCO_3$, $CsNO_{2(r)}$, $CsNO_{3(r)}$, $CsO_{(r)}$, CsO_2 , $Cs_2O_{(r)}$, Cs_2O , Cs_2O_2 , $Cs_2O_{2(r)}$, Cs_2O_3 , $CsOH$, $CsOH_{(r)}$, $Cs(OH)_{2(r)}$, $Cs_2O_2H_{2(r)}$
^{238}U , ^{236}U , ^{235}U	UF_6 , UO_2F_2 , $UO_2(NO_3)_2$, UO_3 , UF_4 , UO_2 , U_3O_8 , U, $UCl_{(r)}$, $UCl_{2(r)}$, UCl_3 , $UCl_{3(r)}$, UCl_4 , $UCl_{4(r)}$, UCl_5 , $UCl_{5(r)}$, $UCl_{6(r)}$, UO , $UO_{(r)}$, UO_2 , $UO_{2(r)}$, UO_3 , $UO_{3(r)}$, U_3O_7 , U_3O_8 , U_4O_9 , $UOCl$, $UOCl_2$, UO_2Cl , $UO_2Cl_{2(r)}$, UO_2Cl_2 , UO_2CO_3
^{241}Am , ^{243}Am	Am, $Am_{(r)}$, $AmCl_3$, AmO_2 , Am_2O_3 , $AmOCl$, $Am(OH)_3$
^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{242}Pu	Оксиды, гидроксиды, другие соединения

Таблица 2. Исходный состав системы для окисления радиоактивного графита в парах воды

Фаза	Фазовый состав	Содержание, % масс.
Газовая (90,908 %)	H_2O	100
Конденсированная (9,092 %)	C	99,984
	U	0,011
	Cl	0,002
	Ca	0,003
	Pu	$7,271 \cdot 10^{-5}$
	Be	$1,207 \cdot 10^{-5}$
	Ni	$8,198 \cdot 10^{-5}$
	Cs	$3,359 \cdot 10^{-6}$
	Sr	$1,099 \cdot 10^{-6}$
	Am	$9,278 \cdot 10^{-6}$

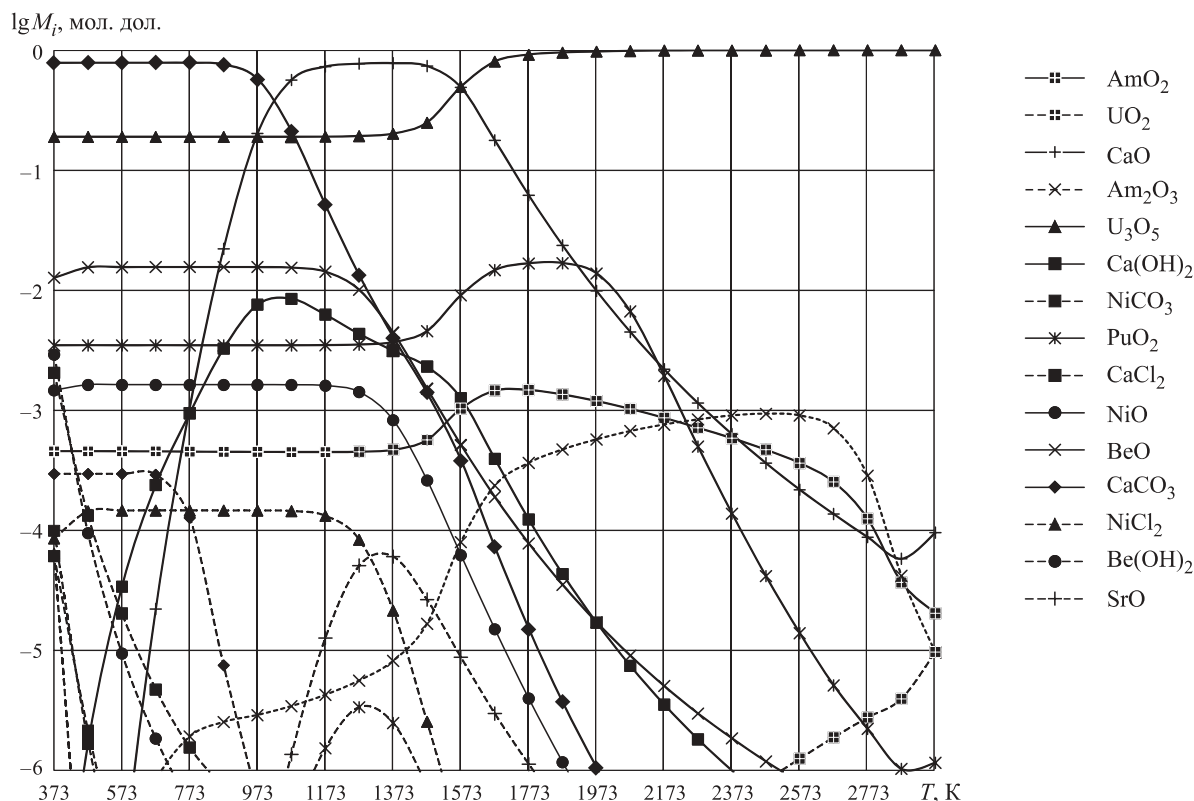


Рис. 1. Состав конденсированной фазы

происходит уменьшение содержания конденсированного CaO с 0,79 до 0,0001 мол. дол. В интервале температур 1473–2773 К U_3O_5 (конд.) становится преобладающим компонентом (0,98 мол. дол.).

Равновесный состав газовой фазы представлен на рис. 2. При температуре выше 2573 К основ-

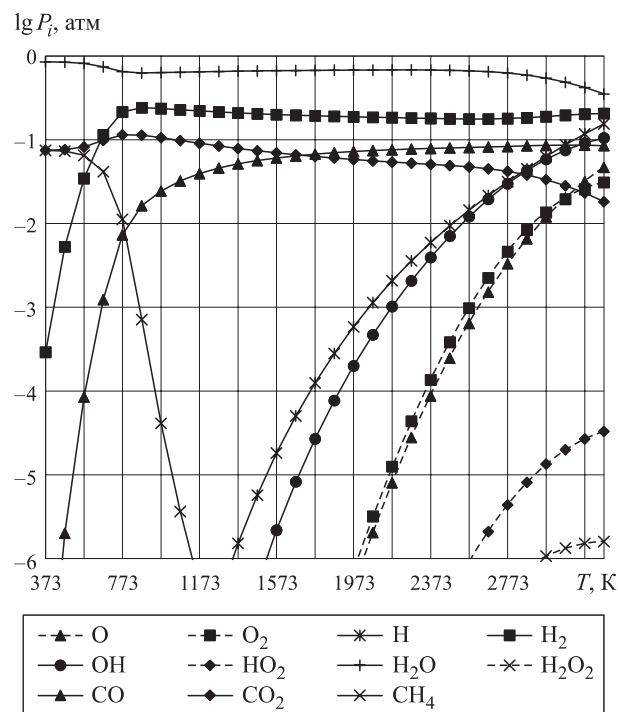


Рис. 2. Состав газовой фазы

ными компонентами газовой фазы являются: H_2O ($p \sim 0,63$ атм), H_2 ($p \sim 0,19$ атм), CO ($p \sim 0,07$ атм), CO_2 ($p \sim 0,05$ атм), H ($p \sim 0,01$ атм), OH ($p \sim 0,05$ атм), O_2 ($p \sim 0,01$ атм), O ($p \sim 0,01$ атм).

Распределение хлора по фазам дано на рис. 3. В интервале температур от 373 до 1973 К основная часть хлора (почти 100 мол. %) находится в виде паров HCl . Рост температуры с 1973 до 3273 К вызывает уменьшение количества паров HCl с 99 до 66 мол. %, появление атомарного Cl и увеличение его доли с 0,2 до 33 мол. %.

Распределение америция по фазам представлено на рис. 4. В интервале температур от 373 до 1473 К

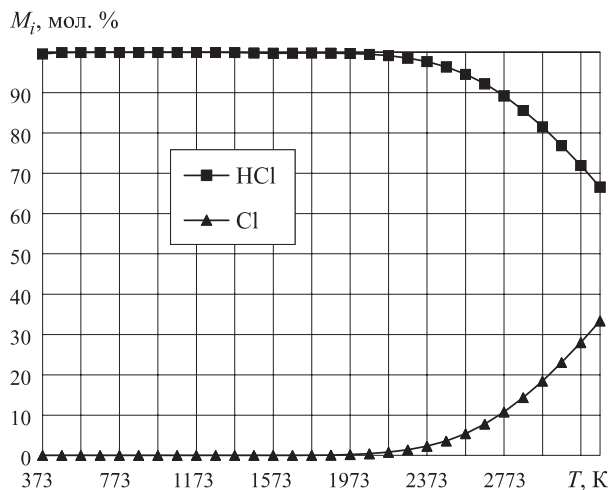


Рис. 3. Распределение хлора по фазам

происходит плавное уменьшение содержания конденсированного AmO_2 (со 100 до 97 мол. %), появление конденсированного Am_2O_3 и увеличение его доли с 1 до 3 мол. %. Рост температуры с 1473 до 2200 К приводит к резкому уменьшению доли конденсированного AmO_2 (до 50 мол. %) и увеличению доли конденсированного Am_2O_3 (до 50 мол. %). Дальнейшее повышение температуры до 2473 К вызывает увеличение содержания конденсированного Am_2O_3 с 50 до 63 мол. %, уменьшение содержания конденсированного AmO_2 с 50 до 31 мол. % и появление паров америция. В интервале температур от 2473 до 2600 К происходит резкое увеличение содержания паров америция (с 17 до 49 мол. %) и резкое уменьшение содержания конденсированного Am_2O_3 (до 60 мол. %). При дальнейшем повышении температуры до 3273 К основной фазой становятся пары америция.

Распределение углерода по фазам показано на рис. 5. В интервале температур от 373 до 873 К происходит резкое увеличение доли углекислого газа (до 86 мол. %), резкое уменьшение содержания CH_4 (почти до нуля) и появление газа CO . При повышении температур с 873 до 1673 К происходит уменьшение содержания газа CO_2 с 80 до 5 мол. % и уве-

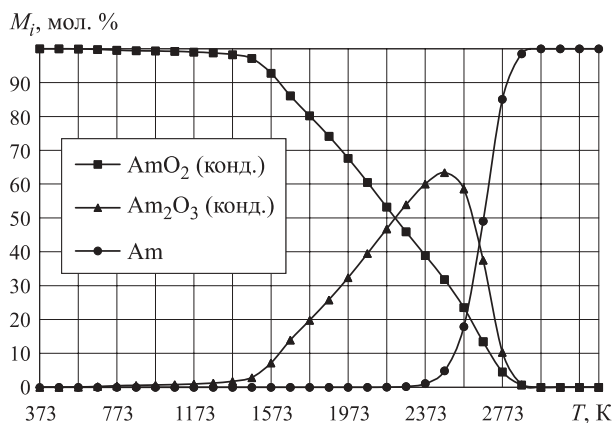


Рис. 4. Распределение америция по фазам

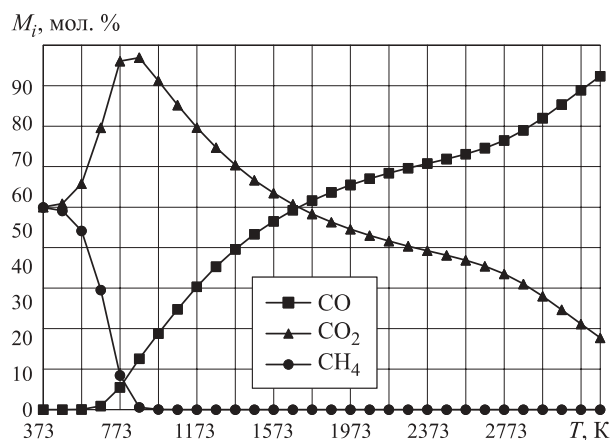


Рис. 5. Распределение углерода по фазам

личение содержания газа CO с 20 до 50 мол. %. При температуре 3273 К углерод находится в виде газов CO_2 (18 мол. %) и CO (82 мол. %).

Распределение никеля по фазам представлено на рис. 6. В интервале температур от 373 до 473 К происходит увеличение содержания конденсированного NiO с 90 до 100 мол. %, уменьшение содержания конденсированного NiCO_3 с 6 до 0,1 мол. % и конденсированного NiCl_2 с 3,9 до 0 мол. %. В интервале температур от 473 до 1173 К основная часть никеля (почти 100 мол. %) находится в виде конденсированного NiO . Повышение температур с 1173 до 1273 К приводит к уменьшению содержания конденсированного NiO с 97 до 85 мол. % и увеличению содержания конденсированного Ni(OH)_2 с 1,7 до 10 мол. %. При дальнейшем повышении температуры до 1473 К происходит резкое уменьшение содержания конденсированного NiO (с 85 до 12 мол. %), увеличение доли Ni(OH)_2 (с 10 до 43 мол. %) и появление и увеличение доли NiH (с 1,9 до 19 мол. %), NiOH (с 0,9 до 12 мол. %), Ni (с 0,4 до 12 мол. %). В интервале температур от 1473 до 1573 К уменьшается содержание конденсированного NiO с 12 до 1,4 мол. % и Ni(OH)_2 с 43 до 36 мол. %, увеличивается содержание NiH (с 19 до 22 мол. %), NiOH (с 12 до 16 мол. %), Ni (с 12 до 23 мол. %). При повышении температур с 1573 до 1673 К происходит увеличение содержания Ni (с 23 до 33 мол. %), NiOH (с 16 до 18 мол. %) и уменьшение содержания Ni(OH)_2 (с 36 до 26 мол. %), NiH (с 22 до 21 мол. %). Дальнейшее повышение температуры до 3273 К приводит к увеличению содержания Ni (с 33 до 91 мол. %) и уменьшению содержания NiOH (с 18 до 3 мол. %), Ni(OH)_2 (с 26 до 0,1 мол. %), NiH (с 21 до 3,45 мол. %).

Распределение урана по фазам представлено на рис. 7. При 373–2373 К примерно 100 % урана находится в виде конденсированного U_3O_8 . В интервале температур от 2373 до 2800 К происходит уменьше-

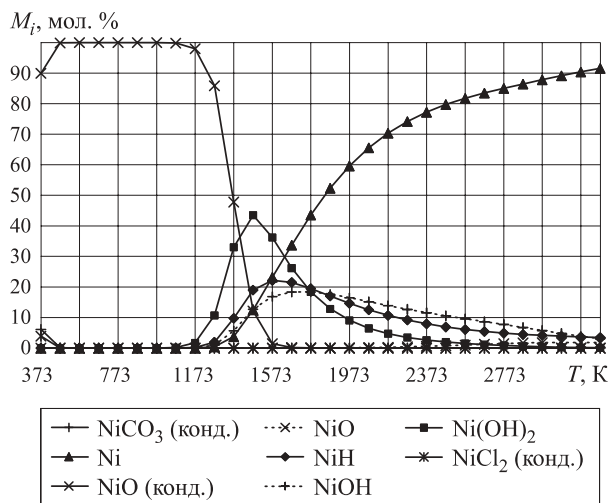


Рис. 6. Распределение никеля по фазам

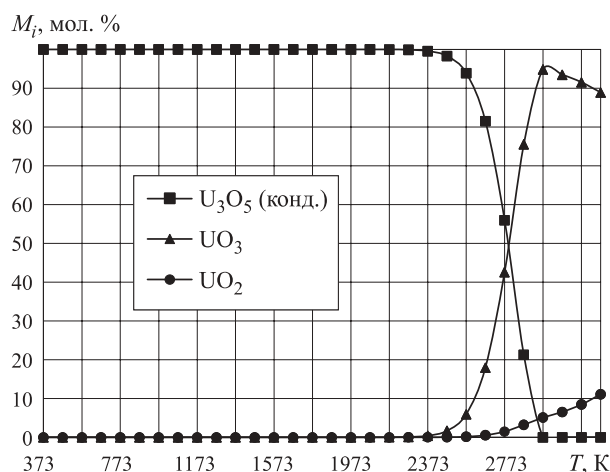


Рис. 7. Распределение урана по фазам

ние содержания U_3O_5 с 99 до 50 мол. %, появление и увеличение доли UO_3 с 0,4 до 50 мол. %. Повышение температур с 2800 до 2973 К вызывает резкое уменьшение доли U_3O_5 (до 1 мол. %), увеличение UO_3 (до 94 мол. %) и появление UO_2 . Дальнейший рост температуры до 3273 К приводит к уменьшению содержания UO_3 с 94 до 88 мол. % и увеличению доли UO_2 с 5 до 11 мол. %.

Распределение плутония по фазам представлено на рис. 8. При температурах 373–1773 К основная часть плутония (примерно 100 %) находится в виде конденсированного PuO_2 . Рост температуры с 1773 до 2073 К приводит к появлению паров PuO_2 и увеличению их содержания с 3,8 до 50 мол. % и уменьшению содержания конденсированного PuO_2 с 99 до 50 мол. %. При дальнейшем росте температуры до 2573 К происходит увеличение содержания паров PuO_2 до 98 мол. % и уменьшение содержания конденсированного PuO_2 до 2 мол. %. В интервале температур 2573–3273 К происходит плавное уменьшение содержания паров PuO_2 (с 98 до 94 мол. %) и появление оксида плутония.

Распределение бериллия по фазам представлено на рис. 9. Повышение температуры до 573 К ведет к резкому уменьшению конденсированного $Be(OH)_2$ (практически до нуля) и увеличению конденсированного BeO до 100 мол. %. В интервале температур от 573 до 1073 К практически весь бериллий находится в виде конденсированного BeO . Дальнейший рост температур до 1300 К ведет к уменьшению доли конденсированного BeO до 50 мол. % и появлению и увеличению доли BeO_2H_2 до 50 мол. %. При повышении температур с 1300 до 1573 К происходит увеличение содержания $Be(OH)_2$ с 50 до 99 мол. % и уменьшение содержания конденсированного BeO практически до нуля. В интервале от 1573 до 2873 К практически весь бериллий находится в виде BeO_2H_2 . Дальнейшее повышение темпера-

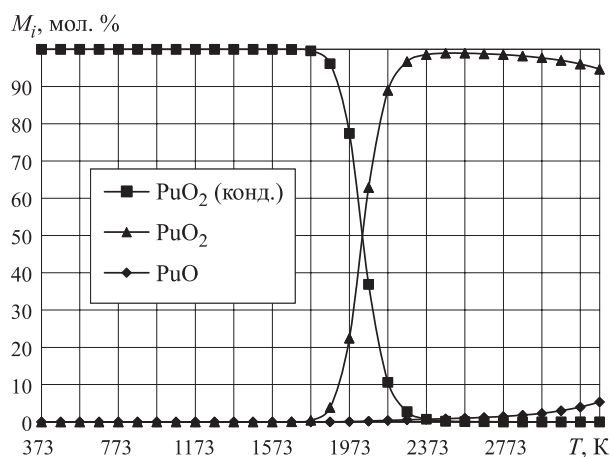


Рис. 8. Распределение плутония по фазам

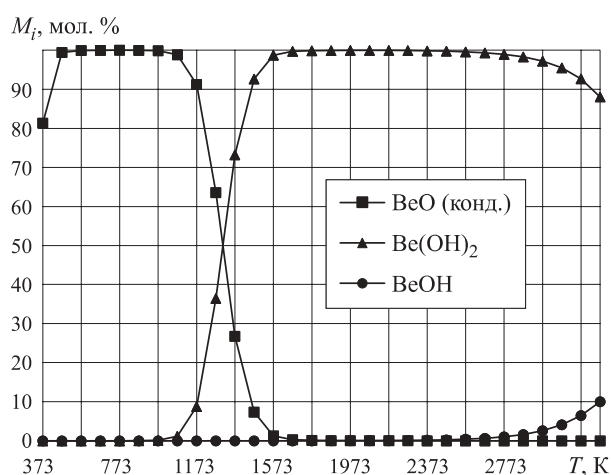


Рис. 9. Распределение бериллия по фазам

туры до 3273 К ведет к уменьшению доли $Be(OH)_2$ до 88 мол. % и появлению $BeOH$.

Распределение кальция по фазам представлено на рис. 10. В интервале температур от 273 до 773 К практически весь кальций находится в виде конденсированного $CaCO_3$. Дальнейшее повышение температуры до 1000 К ведет к уменьшению доли конденсированного $CaCO_3$ до 50 мол. % и появлению и увеличению доли конденсированного CaO до 50 мол. %. В интервале температур от 1000 до 1273 К происходит увеличение содержания конденсированного CaO с 50 до 96 мол. % и уменьшение доли конденсированного $CaCO_3$ практически до нуля. Дальнейший рост температуры до 1500 К вызывает уменьшение доли конденсированного CaO до 50 мол. % и появление $Ca(OH)_2$. В интервале температур от 1500 до 2173 К наблюдается увеличение содержания $Ca(OH)_2$ с 50 до 98 мол. % и уменьшение доли конденсированного CaO практически до нуля. Дальнейшее повышение температуры до 3273 К ведет к уменьшению доли $Ca(OH)_2$ до 40 мол. % и появлению $CaOH$, Ca и CaO .

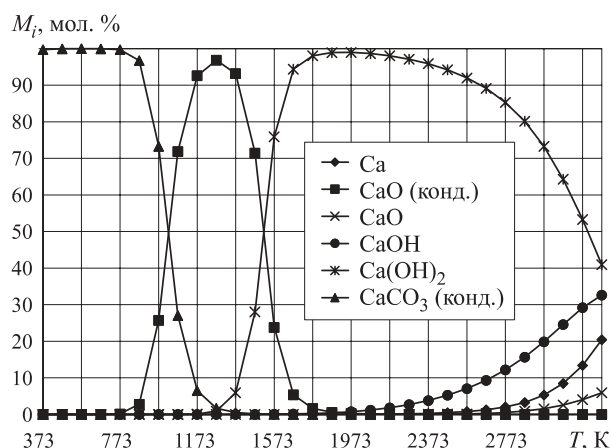


Рис. 10. Распределение кальция по фазам

Распределение стронция по фазам приведено на рис. 11. При повышении температур с 373 до 573 К происходит резкое увеличение содержания конденсированного SrCO_3 (с 58 до 99 мол. %) и резкое уменьшение содержания конденсированного SrCl_2 (с 20 до 1 мол. %). В условиях повышения температур с 573 до 973 К примерно 99 мол. % стронция находится в виде конденсированного SrCO_3 . Рост температур с 973 до 1373 К приводит к уменьшению доли конденсированного SrCO_3 до 13 мол. % и появлению конденсированного SrO и паров Sr(OH)_2 . В интервале температур 1373–1673 К происходит резкое увеличение содержания Sr(OH)_2 (с 45 до 97 мол. %) и резкое уменьшение содержания конденсированного SrCO_3 и SrO практически до нуля. Дальнейшее повышение температуры до 3273 К приводит к уменьшению содержания Sr(OH)_2 до 38 мол. % и появлению SrOH , SrO и Sr .

Распределение цезия по фазам представлено на рис. 12. В интервале температур 373–573 К примерно 100 мол. % цезия находится в виде конденсированного CsCl . При повышении температур с 573 до 773 К происходит резкое уменьшение его доли до 43 мол. % и появление паров CsCl . Рост температур с 773 до 873 К приводит к резкому увеличению содержания паров CsCl (с 56 до 95 мол. %) и резкому уменьшению содержания конденсированного CsCl (практически до нуля). Дальнейшее повышение температур до 1100 К вызывает уменьшение содержания паров CsCl до 31 мол. % и появление и увеличение доли паров CsOH с 2,5 до 50 мол. %. В интервале температур 1100–1573 К происходит увеличение доли CsOH до 96 мол. % и уменьшение содержания CsCl практически до нуля. Дальнейший рост температуры до 3073 К приводит к уменьшению содержания CsOH до 51 мол. % и появлению Cs . При повышении температуры до 3273 К происходит увеличение содержания паров Cs с 46 до 59 мол. % и уменьшение содержания CsOH с 51 до 37 мол. %.

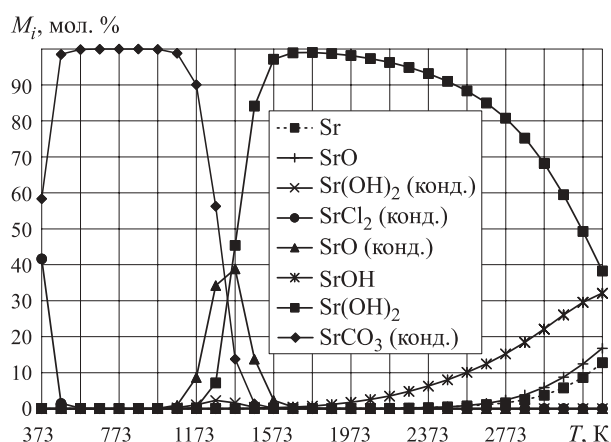


Рис. 11. Распределение стронция по фазам

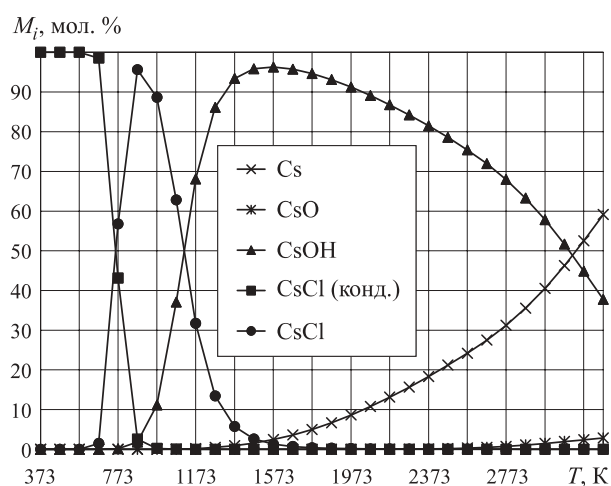
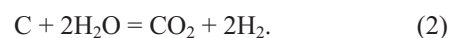
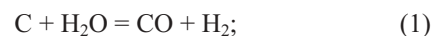


Рис. 12. Распределение цезия по фазам

На основе термодинамического моделирования можно предложить следующую схему окисления углерода.

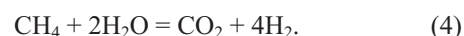
В равновесной системе основными компонентами газовой фазы являются H_2O , H_2 , CO_2 , CO , CH_4 (см. рис. 2), в конденсированной фазе углерод не содержится (см. рис. 1), так как он весь прореагировал с парами воды:



Образующийся водород взаимодействует с углеродом по реакции



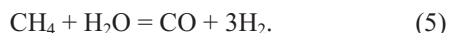
В газовой фазе в интервале температур 373–873 К в равновесной системе протекает реакция



В результате в равновесной системе снижается содержание паров воды (см. рис. 5), уменьшается количество метана от 49,951 до 0,547 мол. %, увеличи-

вается содержание CO_2 от 50,047 до 86,909 мол. % (см. рис. 5) и H_2 от 0,014 до 14,022 мол. % (см. рис. 2).

В газовой фазе в интервале температур 573–973 К протекает реакция



В равновесной системе снижается содержание паров воды (см. рис. 2), уменьшается количество метана от 44,106 до 0,031 мол. % (см. рис. 5), увеличивается содержание CO от 0,057 до 18,773 мол. % и H_2 от 1,78 до 13,707 мол. % (см. рис. 2).

В газовой фазе в интервале температур от 873 до 2573 К протекает реакция



В равновесной системе происходит уменьшение содержания углекислого газа от 86,909 до 36,886 мол. % (см. рис. 5) за счет протекания реак-

ции между углекислым газом и водородом. Количество водорода уменьшается от 14,022 до 10,442 мол. % (см. рис. 2), при этом увеличивается содержание угарного газа от 12,542 до 63,113 мол. % (см. рис. 5) и паров воды от 36,356 до 39,233 мол. % (см. рис. 2).

Следовательно, при нагревании системы до 573 К появляется угарный газ. Наличие в равновесной системе CO , H_2 и CH_4 указывает на ее пожаро- и взрывоопасность в зависимости от концентрации O_2 .

Наравне с успешно применяемыми нами теоретическими и экспериментальными методами [16–26] термодинамическое моделирование позволяет оценить поведение веществ при нагреве в равновесной системе и на основании этой оценки дать заключение о пожаровзрывоопасности и об опасных факторах пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайт Росатом. Производство электроэнергии. URL : <http://www.rosatom.ru> (дата обращения: 05.05.2014 г.).
2. Воробьев А. В., Антонова А. М. Повышение эффективности установки с водографитовым реактором при частичных нагрузках // Известия Томского политехнического университета. Математика и механика. Физика. — 2013. — Т. 322, № 2. — С. 182–186.
3. Сайт города Припять: 22 года Чернобыльской катастрофе. URL : <http://www.pripyat.com> (дата обращения: 05.05.2014 г.).
4. Барбин Н. М., Терентьев Д. И., Пешков А. В., Алексеев С. Г. Термодинамическое моделирование поведения радионуклидов при нагреве (сжигании) радиоактивного графита в атмосфере воздуха // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 3. — С. 58–63.
5. Ватолин Н. А., Моисеев Г. К., Трусов Б. Г. Термодинамическое моделирование в высокотемпературных системах. — М. : Металлургия, 1994. — 352 с.
6. Моисеев Г. К., Вяткин Г. П., Барбин Н. М. Применение термодинамического моделирования для изучения взаимодействия с участием ионных расплавов. — Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2002. — 116 с.
7. Барбин Н. М., Алексеев С. Г., Алексеев К. С. Применение термодинамического моделирования для изучения полимеров при нагревании // Известия Южного федерального университета. Технические науки. — 2013. — № 8. — С. 245–247.
8. Барбин Н. М., Казанцев Г. Ф., Ватолин Н. Л. Переработка вторичного свинцового сырья в ионных солевых расплавах. — Екатеринбург : УрО РАН, 2002. — 180 с.
9. Barbin N. M., Terentyev D. I., Alexeev S. G., Barbina T. Thermodynamic modeling of the Pb + Bi melt evaporation under various pressure and temperatures // Computational Materials Science. — 2013. — Vol. 66. — P. 28–33.
10. Терентьев Д. И., Барбин Н. М., Борисенко А. В., Алексеев С. Г. Термодинамическое исследование состава газовой фазы над расплавами системы Pb – Bi // Перспективные материалы. — 2011. — № 13. — С. 859–864.
11. Терентьев Д. И., Барбин Н. М., Борисенко А. В., Алексеев С. Г. Состав и теплофизические свойства системы (Pb – Bi) – пар при различных условиях // Прикладная физика. — 2012. — № 3. — С. 23–38.
12. Barbin N., Terentyev D., Alexeev S. Computer calculation for thermal behavior of Na_2CO_3 – Li_2CO_3 melt // Journal of Engineering Thermophysics. — 2011. — Vol. 20, No. 3. — P. 308–314.
13. Терентьев Д. И., Барбин Н. М., Борисенко А. В., Алексеев С. Г. Термодинамическое моделирование испарения расплавов Pb + Bi при различных давлениях // Химическая физика и мезоскопия. — 2011. — Т. 13, № 3. — С. 350–355.
14. Барбин Н. М. Термодинамическое моделирование термического поведения расплавов Li_2CO_3 + Na_2CO_3 и CaCO_3 + Na_2CO_3 // Химическая физика и мезоскопия. — 2008. — Т. 10, № 3. — С. 354–360.

15. Кобелев А. М., Терентьев Д. И., Барбин Н. М., Алексеев С. Г., Опарин И. Д. Термодинамическое моделирование поведения урана, плутония и америция при горении радиоактивного графита в парах воды // Техносферная безопасность. — 2014. — № 1(2). URL : <http://uigps.ru/content/pauchnyu-zhurnal/> (дата обращения: 05.05.2014 г.).
16. Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С., Орлов С. А. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. II. Кетоны (часть 1) // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 6. — С. 8–15.
17. Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С., Орлов С. А. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. I. Алканы (часть 1) // Пожаровзрывобезопасность. — 2010. — Т. 19, № 5. — С. 23–30.
18. Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С., Орлов С. А. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. IV. Простые эфиры // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 9. — С. 9–16.
19. Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. V. Карбоновые кислоты // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 7. — С. 35–46.
20. Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. VI. Альдегиды // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 9. — С. 29–37.
21. Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Смирнов В. В. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. VII. Нитроалканы // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 12. — С. 22–24.
22. Алексеев С. Г., Алексеев К. С., Барбин Н. М. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. VIII. Сложные эфиры (часть 1) // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 1. — С. 31–57.
23. Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Авдеев А. С., Пищальников А. В. О взрывопожароопасности водочной продукции // Пожаровзрывобезопасность. — 2009. — Т. 18, № 2. — С. 20–23.
24. Алексеев С. Г., Пищальников А. В., Левковец И. А., Барбин Н. М. О пожароопасности водных растворов этанола // Пожаровзрывобезопасность. — 2010. — Т. 19, № 5. — С. 31–33.
25. Алексеев С. Г., Авдеев А. С., Барбин Н. М., Тимашев С. А., Гурьев Е. С. Методы оценки взрывопожароопасности топливно-воздушных смесей на примере керосина марки РТ. II. РД 03-409-01 // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 1. — С. 21–27.
26. Алексеев С. Г., Смирнов В. В., Барбин Н. М. Температуры вспышки. Часть 1. История вопроса, дефиниции, методы экспериментального определения // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 5. — С. 35–41.

Материал поступил в редакцию 25 июля 2014 г.

English

THERMODYNAMIC MODELING OF RADIONUCLIDE BEHAVIOR DURING HEATING (BURNING) OF RADIOACTIVE GRAPHITE IN VAPOURS OF WATER

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

KOBELEV A. M., Senior Lecturer of the Fire Automatics Department of Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation)

TERENTYEV D. I., Candidate of Chemistry Sciences, Assistant Professor of the Chair of Physics and Heat Transfer of Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation)

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

ABSTRACT

Radionuclides behavior at combustion of radioactive graphite in water vapors is examined by thermodynamic model analysis. It is determined that radioactive chlorine is present in the form of both HCl vapor and Cl atoms; radioactive americium — in the form of Am vapor; radioactive carbon — in the form of both CO vapor and CO₂ vapor; radioactive nickel — in the form of Ni atoms and NiOH, NiO₂H₂, NiH vapors; radioactive uranium — in the form of UO₃ and UO₂ vapors; radioactive plutonium — in the form of PuO₂ and PuO vapors; radioactive beryllium — in the form of Be(OH)₂ and BeOH vapors; radioactive calcium — in the form of Ca(OH)₂, CaOH vapors, and Ca atoms, and calcium oxide; radioactive strontium — in the form of Sr(OH)₂, SrOH vapors, and strontium oxide, and Sr atoms; radioactive cesium — in the form of both Cs vapor and CsOH vapor.

Keywords: thermodynamic model analysis; radionuclides; radioactive graphite; oxidation; combustion.

REFERENCES

1. *Sayt Rosatom: Proizvodstvo elektroenergii* [Website Rosatom: Production of electricity]. Available at: <http://www.rosatom.ru> (Accessed 5 May 2014).
2. Vorobyev A. V., Antonova A. M. Povysheniye effektivnosti ustanovki s vodogرافitovym reaktorom pri chastichnykh nagruzkakh [Increasing the efficiency of the installation watergraphite reactor at partial loads]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Matematika i mekhanika. Fizika — Proceedings of the Tomsk Polytechnic University. Mathematics and Mechanics. Physics*, 2013, vol. 322, no. 2, pp. 182–186.
3. *Sayt goroda Pripyat: 22 goda Chernobylskoy katastrofe* [Website of the city of Pripyat: 22 years of the Chernobyl disaster]. Available at: <http://www.pripyat.com> (Accessed 5 May 2014).
4. Barbin N. M., Terentyev D. I., Peshkov A. V., Alexeev S. G. Termodinamicheskoye modelirovaniye povedeniya radionuklidov pri nagreve (szhigani) radioaktivnogo grafitu v atmosfere vozdukh [Thermodynamic modeling of radionuclide behavior during heating (burning) of radioactive graphite in the air atmosphere]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 3, pp. 58–63.
5. Vatolin N. A., Moiseev G. K., Trusov B. G. *Termodinamicheskoye modelirovaniye v vysokotemperaturnykh sistemakh* [Thermodynamic modeling in high-temperature systems]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1994. 352 p.
6. Moiseev G. K., Vyatkin G. P., Barbin N. M. *Primeneniye termodinamicheskogo modelirovaniya dlya izucheniya vzaimodeystviya s uchastiyem ionnykh rasplavov* [Application of thermodynamic modeling for the study of interaction involving ionic melts]. Chelyabinsk, SUSU Publ., 2002. 116 p.
7. Barbin N. M., Alexeev S. G., Alexeev K. S. *Primeneniye termodinamicheskogo modelirovaniya dlya izucheniya polimerov pri nagrevanii* [Application of thermodynamic modeling for the study of polymers by heating]. *Izvestiya Yuzhnogo federalnogo universiteta. Tekhnicheskiye nauki — News of the Southern Federal University. Technical Sciences*, 2013, no. 8, pp. 245–247.
8. Barbin N. M., Kazantsev G. F., Vatolin N. L. *Pererabotka vtorichnogo svintsovogo syrya v ionnykh solevykh rasplavakh* [Recycling of secondary lead materials in ionic salt melts]. Yekaterinburg, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2002. 180 p.
9. Barbin N. M., Terentyev D. I., Alexeev S. G., Barbina T. Thermodynamic modeling of the Pb + Bi melt evaporation under various pressure and temperatures. *Computational Materials Sciences*, 2013, vol. 66, pp. 28–33.
10. Terentyev D. I., Barbin N. M., Borisenko A. V., Alexeev S. G. Termodinamicheskoye issledovaniye sostava gazovoy fazy nad rasplavami sistemy Pb – Bi [Thermodynamic investigation of the gas phase over the Pb–Bi melt system]. *Perspektivnyye materialy — Perspective Materials*, 2011, no. 13, pp. 859–864.
11. Terentyev D. I., Barbin N. M., Borisenko A. V., Alexeev S. G. Sostav i teplofizicheskiye svoystva sistemy (Pb – Bi) – par pri razlichnykh usloviyakh [Structure and thermal properties of the system (Pb – Bi) – steams under various conditions]. *Prikladnaya fizika — Applied Physics*, 2012, no. 3, pp. 23–38.
12. Barbin N. M., Terentyev D. I., Alexeev S. G. Computer calculation for thermal behavior of Na₂CO₃ – Li₂CO₃ melt. *Journal of Engineering Thermo Physics*, 2011, vol. 20, no. 3, pp. 308–314.

13. Terentyev D. I., Barbin N. M., Borisenko A. V., Alexeev S. G. Termodinamicheskoye modelirovaniye ispareniya rasplavov Pb + Bi pri razlichnykh davleniyakh [Thermodynamic modeling of the melt evaporation Pb + Bi at different pressures]. *Khimicheskaya fizika i mezoskopiya — Chemical Physics and Mesoscopy*, 2011, vol. 13, no. 3, pp. 350–355.
14. Barbin N. M. Termodinamicheskoye modelirovaniye termicheskogo povedeniya rasplavov $\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ i $\text{Ca}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ [Thermodynamic modeling of the thermal behavior of molten $\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ and $\text{Ca}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$]. *Khimicheskaya fizika i mezoskopiya — Chemical Physics and Mesoscopy*, 2008, vol. 10, no. 3, pp. 354–360.
15. Kobelev A. M., Terentyev D. I., Barbin N. M., Alexeev S. G., Oparin I. D. Termodinamicheskoye modelirovaniye povedeniya urana, plutoniya i ameritsiya pri gorenii radioaktivnogo grafita v parakh vody [Thermodynamic simulation of the behavior of uranium, plutonium, and americium during combustion of radioactive graphite water vapor]. *Tekhnosfernaya bezopasnost — Technosphere Safety*, 2014, no. 1(2). Available at: <http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal/> (Accessed 5 May 2014).
16. Alexeev S. G., Barbin N. M., Alexeev K. S., Orlov S. A. Svyaz pokazateley pozharной opasnosti s khimicheskim stroeniyem. II. Ketony (chast 1) [Correlation of fire hazard indexes with chemical structure. II. Ketony (Part 1)]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 6, pp. 8–15.
17. Alexeev S. G., Barbin N. M., Alexeev K. S., Orlov S. A. Svyaz pokazateley pozharной opasnosti s khimicheskim stroeniyem. I. Alkany (chast 1) [Correlation of fire hazard indexes with chemical structure. I. Alcan (Part 1)]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2010, vol. 19, no. 5, pp. 23–30.
18. Alexeev S. G., Barbin N. M., Alexeev K. S., Orlov S. A. Svyaz pokazateley pozharной opasnosti s khimicheskim stroeniyem. IV. Prostyye efiry [Correlation of fire hazard indexes with chemical structure. IV. Simple esters]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 9, pp. 9–16.
19. Alexeev S. G., Barbin N. M., Alexeev K. S. Svyaz pokazateley pozharной opasnosti s khimicheskim stroeniyem. V. Karbonovyye kisloty [Correlation of fire hazard characteristics with chemical structure. V. Carbon acid]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 7, pp. 35–46.
20. Alexeev S. G., Barbin N. M., Alexeev K. S. Svyaz pokazateley pozharной opasnosti s khimicheskim stroeniyem. VI. Aldegidy [Correlation of fire hazard characteristics with chemical structure. VI. Aldehydes]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 9, pp. 29–37.
21. Alexeev S. G., Barbin N. M., Smirnov V. V. Svyaz pokazateley pozharной opasnosti s khimicheskim stroeniyem. VII. Nitroalkany [Correlation of fire hazard characteristics with chemical structure. VII. Nitroalkany]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 12, pp. 22–24.
22. Alexeev S. G., Alexeev K. S., Barbin N. M. Svyaz pokazateley pozharной opasnosti s khimicheskim stroeniyem. VIII. Slozhnyye efiry (chast 1) [Correlation of fire hazard characteristics with chemical structure. VIII. Complicated esters (Part 1)]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 1, pp. 31–57.
23. Alexeev S. G., Barbin N. M., Avdeev A. S., Pishchalnikov A. V. O vzryvopozharоopasnosti vodochnoy produktsii [On the explosive and fire danger of alcohol production]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2009, vol. 18, no. 2, pp. 20–23.
24. Alexeev S. G., Pishchalnikov A. V., Levkovets I. A., Barbin N. M. O pozharоopasnosti vodnykh rastvorov etanola [On the danger of fire aqueous solutions of ethanol]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2010, vol. 19, no. 5, pp. 31–33.
25. Alexeev S. G., Avdeev A. S., Barbin N. M., Timashev S. A., Guryev E. S. Metody otsenki vzryvopozharоopasnosti toplivno-vozdushnykh smesey na primere kerosina marki RT. II. RD 03-409-01 [Methods of assessing of the explosive and fire danger of the fuel-air mixtures on the example of kerosene RT. II. RD 03-409-01]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 1, pp. 21–27.
26. Alexeev S. G., Smirnov V. V., Barbin N. M. Temperatura vspyshki. Chast 1. Istoriya voprosa, definitsii, metody eksperimentalnogo opredeleniya [Flashpoint. Part 1. Background, definitions, methods of the experimental determination]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 5, pp. 35–41.

М. И. БАРАНОВ, д-р техн. наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт "Молния" Национального технического университета "Харьковский политехнический институт" (Украина, 61013, г. Харьков, ул. Шевченко, 47; e-mail: eft@kpi.kharkov.ua)

С. В. РУДАКОВ, канд. техн. наук, доцент, доцент Национального университета гражданской защиты Украины (Украина, 61023, г. Харьков, ул. Чернышевского, 94; e-mail: serg 73@i.ua)

УДК 621.3:614.841.3

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ЛОКАЛЬНОГО НАГРЕВА ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПРИ СВЕРХТОКАХ

Впервые на основе расчетных и экспериментальных данных в области пожарной безопасности показано, что при протекании сверхтоков в силовых электрических цепях постоянного, переменного или импульсного тока электроэнергетических объектов кратковременный интенсивный локальный нагрев токонесущих частей изолированных проводов и кабелей в зонах их "горячих" продольных участков с плотностями сверхтока 100 А/мм^2 и более может стать причиной электротермического разрушения, возгорания изоляции и внезапного возникновения локальных очагов пожара в местах прокладки кабельно-проводниковой продукции.

Ключевые слова: электрические провода и кабели; сверхток; локальный нагрев; электротермическое разрушение кабельно-проводниковой продукции.

Электрические провода и кабели [1], широко используемые в различных схемах электроэнергетических объектов при передаче и потреблении электрической энергии, при определенных условиях (например, при коротких замыканиях, возникновении коммутационных или атмосферных перенапряжений и других нештатных режимах работы) могут кратковременно испытывать воздействие значительных токовых перегрузок [2, 3]. Такие токовые перегрузки, характеризующиеся протеканием по токонесущим частям силовой кабельно-проводниковой продукции (КПП) переменных сверхтоков с амплитудами в десятки килоампер [3, 4], приводят к появлению в жилах и оболочках КПП тока плотностью $\delta_0(t)$ с амплитудными значениями от 10 до 100 А/мм^2 и более. Это может вызвать значительный нагрев проводниковых материалов КПП, что приведет к недопустимому перегреву токопроводящего материала жил (оболочек) проводов (кабелей) и, соответственно, их изоляции. Причем наиболее выраженное проявление перегрева проводов (кабелей) из-за продольной периодической макролокализации дрейфующих электронов на отдельных участках их токонесущих частей будет наблюдаться в местах возникновения вдоль них повышенной объемной плотности дрейфующих электронов — на так называемых "горячих" продольных участках [5]. Причиной такой локализации дрейфующих электронов в жилах (оболочках) проводов и кабелей с электрическим

током различных видов (постоянный, переменный и импульсный) и с разными амплитудно-временными параметрами (АВП) является возникновение в токонесущих частях указанной КПП квантованных электронных полувольт де Бройля и, соответственно, обусловленных ими волновых электронных пакетов (ВЭП) [6].

В [5, 7–9] нами были представлены результаты теоретических исследований, определяющих основные закономерности продольного волнового распределения дрейфующих свободных электронов в металлических проводниках с электрическим током с различными АВП. Из данных закономерностей следует, что степень макролокализации вдоль токонесущих частей проводов и кабелей с электрическим током проводимости "горячих" продольных участков существенно зависит от плотности тока $\delta_0(t)$ в них. Для предотвращения возможных чрезвычайных ситуаций в силовых цепях электроэнергетических объектов и разработки первоочередных организационно-технических мер по обеспечению их противопожарной защиты несомненный практический интерес представляет задача определения основных геометрических размеров "горячих" продольных участков в проводах (кабелях) промышленных электросетей, мест их размещения вдоль них и достигаемых уровней максимальной температуры θ_r на них в зависимости от плотности сверхтока $\delta_0(t)$ в токонесущих частях КПП.

Размеры “горячих” продольных участков КПП со сверхтоком и координаты мест их размещения

Воспользовавшись для приближенного определения минимальной ширины Δz_r “горячего” продольного участка токопроводящей жилы (оболочки) провода (кабеля) длиной l_0 , с поперечным сечением S_0 и равномерно распределенным по ним электрическим аксиальным сверхтоком проводимости $i_0(t)$ с различными АВП известным в квантовой электродинамике соотношением неопределенностей Гейзенберга [10], можно показать, что с учетом данных из [11] для искомой величины Δz_r следует использовать расчетное соотношение

$$\Delta z_r = e_0 n_{e0} h (m_e \delta_{0T})^{-1} [8 + (\pi - 2)^2]^{-1}, \quad (1)$$

где e_0 — модуль электрического заряда электрона, Кл; $e_0 = 1,602 \cdot 10^{-19}$ [12];

n_{e0} — усредненная объемная плотность свободных электронов в металле провода (кабеля) до протекания по нему тока, м^{-3} ;

h — постоянная Планка, Дж·с; $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ [12];

m_e — масса покоя электрона, кг; $m_e = 9,108 \cdot 10^{-31}$ [12];

δ_{0T} — амплитуда плотности тока $\delta_0(t)$ в токопроводящем материале провода (кабеля), равная I_{0T}/S_0 в принятом нами приближении;

I_{0T} — амплитуда тока проводимости $i_0(t)$, протекающего в проводе (кабеле).

Из (1) следует, что ширина Δz_r “горячего” продольного участка токопроводящей жилы (оболочки) провода (кабеля) обратно пропорциональна амплитуде δ_{0T} плотности сверхтока. Чем больше значения δ_{0T} в проводе (кабеле), тем меньше в них значения Δz_r . Согласно (1) для медного провода, характеризующегося исходной плотностью свободных электронов $n_{e0} = 16,86 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$ [10, 11], при плотности тока $\delta_{0T} = 4 \text{ А/мм}^2$, характерной для работающих в нормальных режимах медных проводов промышленных электрических сетей [2], минимальная ширина Δz_r “горячего” участка в нем составляет около 530 мм. При плотности тока $\delta_{0T} = 400 \text{ А/мм}^2$, характерной для аварийных режимов в промышленных сетях с протеканием сверхтоков от короткого замыкания (КЗ) [2], расчетная наименьшая ширина Δz_r “горячего” участка в медном проводе, определенная по (1), будет равна около 5,3 мм. Из представленных выше оценочных расчетных данных следует, что продольная макролокализация дрейфующих электронов в проводах (кабелях) с электрическим током $i_0(t)$ с различными АВП наиболее ярко проявляется и может визуальнo фиксироваться при больших плотностях $\delta_0(t)$ сверхтока в них — порядка 100 А/мм^2 и более. В связи с тем что подобная продольная локализация свободных электронов в токо-

несущих частях проводов (кабелей) сопровождается по сравнению с иными участками КПП повышенной объемной плотностью n_{er} на “горячих” продольных участках (до 3,5 раз по сравнению с исходной усредненной объемной электронной плотностью n_{e0} в металле провода или кабеля) [5, 11], при больших плотностях сверхтока $\delta_0(t)$ в проводах (кабелях) рассматриваемые “горячие” участки будут характеризоваться повышенными удельными тепловыми потерями и, соответственно, уровнями температуры θ_r .

С учетом квантованного характера распределения в токонесущих частях проводов (кабелей) со сверхтоком $i_0(t)$ с различными АВП электронных полувольт де Бройля и, соответственно, ВЭП [7, 11] продольные координаты z_{nk} мест размещения в них середин крайних “горячих” продольных участков от обоих краев проводов (кабелей) длиной l_0 определяются выражением

$$z_{nk} = l_0 / (2n), \quad (2)$$

где n — целое квантовое число, равное номеру моды собственной продольной волновой пси-функции в токопроводящем материале жилы (оболочки) провода (кабеля); $n = 1, 2, 3, \dots, n_m$;

n_m — максимальное значение квантового числа n ;

$$n_m = 2n_k^2 \geq 1;$$

n_k — главное квантовое число, равное числу электронных оболочек в атоме металла токопроводящей жилы (оболочки) провода (кабеля) и, соответственно, номеру периода в периодической таблице химических элементов Менделеева (далее — таблица Менделеева), которому этот металл провода (кабеля) принадлежит (например, для медного, цинкового и железного (стального) токопроводов $n_k = 4$, а $n_m = 32$) [12].

Координаты мест периодического размещения в рассматриваемых проводах (кабелях) длиной l_0 со сверхтоком $i_0(t)$ различных видов (постоянный, переменный, импульсный) и с разными АВП середин внутренних “горячих” продольных участков определяются исходя из физической закономерности, согласно которой расстояния z_{nb} между ними и серединами крайних “горячих” продольных участков с координатами по (2) удовлетворяют соотношению

$$z_{nb} = l_0 / n. \quad (3)$$

Расчетная максимальная температура на “горячих” продольных участках КПП со сверхтоком

С учетом (1) и данных из [13] для максимальной температуры локального нагрева θ_r токопроводящего материала в зоне “горячего” продольного участка провода (кабеля) со сверхтоком проводимости

$i_0(t)$ можно записать следующее приближенное расчетное выражение:

$$\theta_r = 8\pi c_0^{-1} \Delta z_r I_0^{-1} n_{e0} W_{Fe} [8 + (\pi - 2)^2]^{-1} + \theta_0, \quad (5)$$

где c_0 — удельная теплоемкость, отнесенная к единице объема металла провода (кабеля), Дж/(м³·°C) [14]; W_{Fe} — усредненное значение энергии Ферми для свободных электронов металла провода (кабеля) с их объемной плотностью n_{e0} до протекания по нему сверхтока, Дж; $W_{Fe} = 0,6h^2(8m_e)^{-1} \times (3n_{e0}/\pi)^{2/3}$ [12]; θ_0 — исходная температура изоляционной среды, окружающей провод (кабель), °C.

Отметим, что усредненное значение первоначальной объемной плотности n_{e0} свободных электронов в металле провода (кабеля) равно концентрации его атомов N_0 , умноженной на его валентность, определяемую числом неспаренных электронов на внешних электронных слоях атомов токопроводящего материала провода или кабеля (например, для меди, цинка и железа валентность равна двум [12]). Для расчетной оценки усредненной концентрации N_0 атомов в металле токонесущих частей провода (кабеля) с его массовой плотностью d_0 до протекания по нему электрического тока следует воспользоваться соотношением [10]:

$$N_0 = d_0 (1,6606 \cdot 10^{-27} M_a)^{-1}, \quad (6)$$

где M_a — атомная масса металла провода или кабеля, практически равная массовому числу ядра атома металла провода (кабеля) (согласно таблице Менделеева для меди $M_a = 63,55$ а. е. м. [12]).

Расчетная оценка температуры θ_x нагрева “холодных” продольных участков провода (кабеля), примыкающих слева и справа к их “горячим” продольным участкам со сверхтоком $i_0(t)$, может быть с учетом данных из [13] выполнена по приближенной формуле

$$\theta_x = \theta_r (\pi - 2)/4. \quad (7)$$

В результате из (5) при $\theta_0 = 0$ °C и $\delta_{0r} = 400$ А/мм² с учетом (1) и (6) следует, что в случае протекания переменного сверхтока с такой плотностью по короткому стальному проводу длиной $l_0 = 320$ мм ($n_{e0} = 16,82 \cdot 10^{28}$ м⁻³; $W_{Fe} = 10,67 \cdot 10^{-19}$ Дж; $c_0 = 4,95 \cdot 10^6$ Дж/(м³·°C) [14]; $\Delta z_r \approx 5,3$ мм) температура θ_r кратковременного локального джоулевого нагрева на его “горячем” продольном участке может составлять примерно 1610 °C (при температуре плавления железа около 1535 °C [10]), а температура θ_x прилегающих к нему относительно “холодных” продольных участков данного стального провода согласно (7) — около 459 °C. В связи с этим указанный провод в местах формирования вдоль него “горячих” продольных участков будет подвергаться электро-тепловому разрушению. Кроме того, поскольку мак-

симальная температура невозгораемости для большинства изолированных проводов и кабелей на напряжение 10–220 кВ составляет не более 400 °C [4, 15], при указанной плотности сверхтока в токонесущей части этого провода резиновая, поливинилхлоридная, полиэтиленовая или бумажно-масляная изоляция вокруг нее будет подвергаться возгоранию. Количество таких мест резкого локального перегрева токонесущей части рассматриваемого провода (мест появления вдоль него очагов пожара) будет определяться согласно (2) и (3) значением квантового числа n , зависящим от числа мод собственных волновых пси-функций в нем и, соответственно, от энергетического состояния свободных электронов токопроводящего материала жилы (оболочки) провода (кабеля) в момент начала воздействия на него сверхтока.

Результаты экспериментов по обнаружению “горячих” продольных участков в стальном проводе со сверхтоком

Эксперименты, подтверждающие формирование в токонесущих частях проводов (кабелей) с импульсным сверхтоком $i_0(t)$ электронных полуволн де Бройля, макроскопических ВЭП и “горячих” продольных участков, были выполнены при помощи мощного высоковольтного генератора импульсных токов ГИТ-5С (номинальное зарядное напряжение $U_{3r} = \pm 5$ кВ; номинальная запасаемая электрическая энергия $W_r = 567$ кДж), моделирующего на активно-индуктивной нагрузке длительную С-компоненту тока искусственной молнии [16]. В качестве провода был выбран размещенный в атмосферном воздухе сплошной круглый оцинкованный (с толщиной наружного покрытия $\Delta_0 = 5$ мкм) стальной провод (радиусом $r_0 = 0,8$ мм, длиной $l_0 = 320$ мм и площадью сечения $S_0 = 2,01$ мм²), жестко закрепленный своими концами с помощью болтовых соединений на алюминиевых шинах разрядной цепи генератора ГИТ-5С (рис. 1). При разряде предварительно заряженной конденсаторной батареи генератора ГИТ-5С ($U_{3r} = -3,7$ кВ, $W_r = 310$ кДж) на исследуемый провод по нему протекал аperiodический импульс сверхтока временной формы 9 мс/576 мс с модулем амплитуды $I_{0T} = 745$ А ($\delta_{0T} \approx 370$ А/мм²),



Рис. 1. Общий вид размещенного в атмосферном воздухе над теплозащитным асбестовым полотном круглого сплошного оцинкованного стального провода ($r_0 = 0,8$ мм; $l_0 = 320$ мм; $\Delta_0 = 5$ мкм; $S_0 = 2,01$ мм²) до протекания по нему в разрядной цепи высоковольтного генератора ГИТ-5С аperiodического импульса сверхтока $i_0(t)$ большой плотности

которой соответствовало время $t_T = 9$ мс. Длительность импульса сверхтока на уровне $0,5I_{0T}$ при этом составляла 160 мс, а его полная длительность при нарушении металлической проводимости в проводе — 576 мс, без нарушения металлической проводимости в проводе при $\delta_{0T} < 370$ А/мм² — 1000 мс. Отсюда видно, что АВП используемого в экспериментах импульсного сверхтока временной формы 9 мс/576 мс в первом приближении удовлетворяют ударному току КЗ в промышленных сетях [2].

На рис. 2 приведены результаты электротермического воздействия аperiodического импульса сверхтока временной формы 9 мс/576 мс ($I_{0T} = 745$ А; $\delta_{0T} \approx 370$ А/мм²) на оцинкованный стальной провод. Из рис. 2 видно, что в этом случае в проводе возникает один “горячий” ($n = 1$) и два “холодных” продольных участка. Ширина “горячего” продольного участка составляет $\Delta z_r \approx 7$ мм (по формуле (1) $\Delta z_r = 5,7$ мм), а ширина “холодных” продольных участков — около 156,5 мм. Место размещения “горячего” продольного участка находится посередине провода и соответствует расчетному выражению (2) для случая, когда $n = 1$. “Горячий” участок провода из-за расплавления на его ширине Δz_r стального основания и закипания цинкового покрытия принимает ярко светящуюся сферообразную форму. Температура нагрева “горячего” продольного участка провода в этом случае достигает уровня, достаточного для проплавления насквозь находящегося под этим участком теплозащитного асбестового полотна толщиной 3 мм, температура плавления которого составляет около 1500 °С [17]. На такое тепловое состояние “горячего” участка исследуемого провода указывают и результаты его математического моделирования. Так, расчетная оценка по (5) температуры θ_r локального нагрева стального основания ($n_{e0} = 16,82 \cdot 10^{28}$ м⁻³; $W_{Fe} = 10,67 \cdot 10^{-19}$ Дж; $c_0 = 4,95 \cdot 10^6$ Дж/(м³·°С); $\Delta z_r \approx 5,7$ мм) в зоне “горячего” участка показывает, что при $\theta_0 = 0$ °С и $\delta_{0T} = 370$ А/мм² она принимает значение около 1745 °С (при температуре его плавления примерно 1535 °С [10]). Что касается расчетного значения температуры θ_r локального нагрева цинкового покрытия ($n_{e0} = 13,08 \cdot 10^{28}$ м⁻³; $W_{Fe} = 9,04 \cdot 10^{-19}$ Дж; $c_0 = 3,39 \cdot 10^6$ Дж/(м³·°С) [14]) в зоне “горячего” участка, то согласно (5) оно с учетом (1) и принятых исходных данных ($\theta_0 = 0$ °С; $\delta_{0T} = 370$ А/мм²) составляет примерно 1302 °С (при температуре его кипения около 907 °С [10]). В зонах “холодных” продольных участков провода в соответствии с (7) и приведенными выше данными расчетов для θ_r температура θ_x их стального основания принимает значение около 499 °С, а цинкового покрытия — 372 °С (при температуре его плавления около 419 °С [10]). Одним из опытных подтверждений та-



Рис. 2. Тепловое состояние оцинкованного стального провода ($r_0 = 0,8$ мм; $l_0 = 320$ мм; $\Delta_0 = 5$ мкм; $S_0 = 2,01$ мм²) с одним “горячим” (посередине провода шириной $\Delta z_r \approx 7$ мм) и двумя “холодными” (шириной около 156,5 мм при частичной сублимации одного из них) продольными участками после воздействия на него аperiodического импульса сверхтока $i_0(t)$ временной формы 9 мс/576 мс большой плотности ($I_{0T} = 745$ А; $\delta_{0T} \approx 370$ А/мм²; $n = 1$)

ких расчетных значений температуры θ_x может служить тот факт, что после кратковременного протекания в разрядной цепи генератора ГИТ-5С аperiodического импульса сверхтока временной формы 9 мс/576 мс ($I_{0T} = 745$ А; $\delta_{0T} \approx 370$ А/мм²) по размещенному в атмосферном воздухе испытываемому стальному проводу без изоляции его цинковое покрытие в зонах “холодных” продольных участков осталось практически не поврежденным.

Выводы

1. Выполненные расчетные оценки и проведенные в условиях высоковольтной лаборатории эксперименты указывают на то, что при кратковременном протекании по изолированным проводам (кабелям) силовых цепей электроэнергетических объектов постоянного, переменного или импульсного сверхтока большой плотности (100 А/мм² и более) с различными АВП, характерными для нештатных и аварийных режимов их работы с токовыми перегрузками, металлические жилы (оболочки) данной КПП могут испытывать в зонах образования вдоль них узких “горячих” продольных участков интенсивный локальный нагрев. При этом температура нагрева в зонах “горячих” продольных участков проводов (кабелей) может до 3,5 раз превышать температуру нагрева соседних с ними “холодных” продольных участков и достигать температуры плавления их основных проводниковых материалов — меди, алюминия и стали. Появление в экстремальных ситуациях на “горячих” продольных участках проводов (кабелей) таких высоких температур может приводить к их локальному электротермическому разрушению, возгоранию их резиновой, поливинилхлоридной, полиэтиленовой или бумажно-масляной изоляции и, соответственно, к возникновению локальных очагов пожара в зоне прокладки КПП.

2. Установлено, что основные геометрические размеры “горячих” продольных участков проводов (кабелей) и продольные координаты мест их разме-

щения вдоль них определяются амплитудой плотности протекающего по ним электрического сверхтока $i_0(t)$ с различными АВП и значением квантового числа n , характерным для свободных электронов (“электронного газа”) их токопроводящего материала в момент его воздействия на указанную кабельно-проводниковую продукцию.

3. Полученные расчетные и экспериментальные данные свидетельствуют о том, что для предотвра-

щения чрезвычайных ситуаций в силовых электрических сетях электроэнергетических объектов и снижения в них уровня пожарной опасности от интенсивного локального нагрева токонесущих частей КПП на их “горячих” продольных участках в аварийных режимах работы в ответственных силовых цепях данных объектов должны устанавливаться быстродействующие системы защиты от перенапряжений и указанных сверхтоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоруссов Н. И., Саакян А. Е., Яковлева А. И. Электрические кабели, провода и шнуры : справочник / Под ред. Н. И. Белоруссова. — М. : Энергоатомиздат, 1988. — 536 с.
2. Князевский Б. А., Липкин Б. Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. — М. : Высшая школа, 1972. — 431 с.
3. Электротехнический справочник. Производство и распределение электрической энергии / Под общ. ред. И. Н. Орлова и др. — М. : Энергоатомиздат, 1988. — Т. 3, кн. 1. — 880 с.
4. НПБ 248–97. Кабели и провода электрические. Показатели пожарной опасности. Методы испытаний. — М. : ВНИИПО МВД России, 1998. — 7 с.
5. Баранов М. И. Новые физические подходы и механизмы при изучении процессов формирования и распределения электрического тока проводимости в проводнике // Технічна електродинаміка. — 2007. — № 1. — С. 13–19.
6. Баранов М. И. Избранные вопросы электрофизики: монография. — В 2-х т. — Т. 2, кн. 1: Теория электрофизических эффектов и задач. — Харьков : НТУ “ХПИ”, 2009. — 384 с.
7. Баранов М. И. Волновое распределение свободных электронов в проводнике с электрическим током проводимости // Электротехника. — 2005. — № 7. — С. 25–33.
8. Баранов М. И. Энергетический и частотный спектры свободных электронов проводника с электрическим током проводимости // Электротехника. — 2006. — № 7. — С. 29–34.
9. Баранов М. И., Рудаков С. В. Усредненные характеристики волнового распределения дрейфующих электронов в металлическом проводнике с импульсным током проводимости большой плотности // Вісник НТУ “ХПІ”. Збірник наукових праць. Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. — Харків : НТУ “ХПІ”, 2013. — № 60 (1033). — С. 12–20.
10. Кузьмичев В. Е. Законы и формулы физики / Отв. ред. В. К. Тартаковский. — Киев : Наукова думка, 1989. — 864 с.
11. Баранов М. И. Основные характеристики вероятностного распределения свободных электронов в проводнике с электрическим током проводимости // Технічна електродинаміка. — 2008. — № 1. — С. 8–12.
12. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике. — М. : Наука, 1990. — 624 с.
13. Баранов М. И. Квантовомеханический подход при расчете температуры нагрева проводника электрическим током проводимости // Технічна електродинаміка. — 2007. — № 5. — С. 14–19.
14. Кнопфель Г. Сверхсильные импульсные магнитные поля / Пер. с англ. — М. : Мир, 1972. — 391 с.
15. Домніч І. К., Кравченко Р. І., Кулаков О. В. та інші. Пожежна безпека кабельної продукції : практичний посібник. — Харків : УЦЗУ, 2008. — 216 с.
16. Баранов М. И., Колмушко Г. М., Кравченко В. И. и др. Генератор тока искусственной молнии для натурных испытаний технических объектов // Приборы и техника эксперимента. — 2008. — № 3. — С. 81–85.
17. Кухлинг Х. Справочник по физике / Пер. с нем. — М. : Мир, 1982. — 520 с.

Материал поступил в редакцию 23 июля 2014 г.

FIRE HAZARD OF LOCAL HEATING OF WIRES AND CABLES OF ELECTRIC NETWORKS AT OVERCURRENTS

BARANOV M. I., Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Main Researcher, Research and Design Institute "Molniya" of National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute" (Shevchenko St., 47, Kharkov, 61013, Ukraine; e-mail address: eft@kpi.kharkov.ua)

RUDAKOV S. V., Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, National University of Civil Protection of Ukraine (Chernyshevskogo St., 94, Kharkov, 61023, Ukraine; e-mail address: serg_73@i.ua)

ABSTRACT

With the purpose of development of the new going near the questions of providing of fire-prevention protection of electroenergy objects by a calculation and experimental a way it was shown that at brief flowing in nonpermanent situations by current-carrying installments of the isolated send-offs and cables of electric networks of direct, variable or impulsive overcurrent of high-slay (100 A/mm^2 and more) their copper, aluminium or steel tendons and shells in the narrow areas of "hot" longitudinal areas can test the brief intensive local heating, exceeding 1500°C .

Such local brief heating at overcurrents of current-carrying parts of the isolated wires and cables, conditioned the quantized macrolocalization on their "hot" longitudinal areas of drifting lone electrons, can result to electro-thermal local destruction of their conducting tendons (shells), burning of their isolation and sudden appearance in the areas of gasket of cable-explorer products of hearths of fire.

Experiments executed on a powerful high-voltage equipment on the electro-thermal brief heating of overcurrent a nonperiodic impulse of temporal form $9 \text{ ms}/576 \text{ ms}$ (at his amplitude 745 A and closeness 370 A/mm^2) of the zincked steel wire without an isolation by a diameter 1.6 mm was confirmed the results presented on the basis of scientific positions of classic and quantum physics of close calculations of the intensive local heating of this wire in the areas of forming along him of "hot" longitudinal areas.

First exposed feature of the electro-thermal brief intensive local heating of current-carrying parts of the isolated wires and cables at considerable current overloads in electric networks with the overcurrent of different peak-temporal parameters, causing appearance in them of closeness of current 100 A/mm^2 and more, allows from the new scientifically grounded positions to examine possible reasons of burning of cable-explorer products and origin on the electroenergy objects of sudden fires.

Keywords: electric wires and cables; current-carrying parts; overcurrent; drifting electrons; isolation; macrolocalization of lone electrons; brief local heating; electro-thermal destruction; burning of isolation; fire hazard.

REFERENCES

1. Belorussov N. I. (ed.), Saakyan A. E., Yakovleva A. I. *Elektricheskiye kabeli i shnury: spravochnik* [Electric cables, wires and cords. Reference book]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1988. 536 p.
2. Knyasevskiy B. A., Lipkin B. Yu. *Elektrosnabzheniye promyshlennykh predpriyatiy* [Electro-supply of industrial enterprises]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1972. 431 p.
3. Orlova I. N. et al. (eds.). *Elektrotekhnicheskiy spravochnik. Proizvodstvo i raspredeleniye elektricheskoy energii* [Electrical engineering reference book. Production and distributing of electric energy]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1988, vol. 3, book 1. 880 p.
4. *Fire protection standards 248–97. Cables and wires electric. Indexes of fire hazard. Methods of tests.* Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 1998. 7 p.
5. Baranov M. I. Novyye fizicheskiye podkhody i mekhanizmy pri izuchenii protsessov formirovaniya i raspredeleniya elektricheskogo toka provodimosti v provodnike [New physical approaches and mechanisms at the study processes of forming and distributing electric current of conductivity in an explorer]. *Tekhnichna elektrodinamika — Technical Electrodynamics*, 2007, no. 1, pp. 13–19.

6. Baranov M. I. *Izbrannyye voprosy elektrofiziki: monografiya v 2-kh t. T. 2, book 1: Teoriya elektrofizicheskikh effektiv i zadach* [Select questions of electrophysics. Monograph in 2th volumes. Vol. 2, book 1: Theory of electrophysics effects and tasks]. Kharkov, NTU “KhPI” Publ., 2009. 384 p.
7. Baranov M. I. Volnovoye raspredeleniye svobodnykh elektronov v provodnike s elektricheskim tokom provodimosti [Wave distributing of lone electrons in an explorer with the electric current of conductivity]. *Elektrotehnika — Electrical Engineering*, 2005, no. 7, pp. 25–33.
8. Baranov M. I. Energeticheskiy i chastotnyy spektry svobodnykh elektronov provodnika s elektricheskim tokom provodimosti [Power and frequency spectrums of lone electrons in an explorer with the electric current of conductivity]. *Elektrotehnika — Electrical Engineering*, 2006, no. 7, pp. 29–34.
9. Baranov M. I., Rudakov S. V. Usrednennyye kharakteristiki volnovogo raspredeleniya dreyfuyushchikh elektronov v metallicheskom provodnike s impulsnym tokom provodimosti bolshoy plotnosti [Middle descriptions of the wave distributing of drifting electrons in a metallic explorer with the impulsive current of conductivity of high-slay]. *Trudy NTU “KhPI”. Seriya: Tekhnika i elektrofizika vysokikh napryazheniy* [Proc. of the NTU “KhPI”. Series: Technique and electrophysics of high-voltages]. Kharkov, NTU “KhPI” Publ., 2013, no. 60 (1033), pp. 12–20.
10. Kuzmichov V. E., Tartakovskiy V. K. (ed.). *Zakony i formuly fiziki* [Laws and formulas of physics]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1989. 864 p.
11. Baranov M. I. Osnovnyye kharakteristiki veroyatnostnogo raspredeleniya svobodnykh elektronov v provodnike s elektricheskim tokom provodimosti [Basic descriptions of the probabilistic distributing of lone electrons in an explorer with the electric current of conductivity]. *Tekhnichna elektrodinamika — Technical Electrodynamics*, 2008, no. 1, pp. 8–12.
12. Yavorskiy B. M., Detlaf A. A. *Spravochnik po fizike* [Reference book on Physics]. Moscow, Nauka Publ., 1990. 624 p.
13. Baranov M. I. Kvantovomekhanicheskiy podkhod pri raschete temperatury nagreva provodnika elektricheskim tokom provodimosti [Quantum-mechanical approach at the calculation of temperature of heating of explorer the electric current of conductivity]. *Tekhnichna elektrodinamika — Technical Electrodynamics*, 2007, no. 5, pp. 14–19.
14. Knoepfel H. *Pulsed high magnetic fields*. London, 1970 (Russ. ed.: Knoepfel H. Sverkhshilnyye impulsnyye magnitnyye polya. Moscow, Mir Publ., 1972. 391 p.).
15. Domnich I. K., Kravchenko R. I., Kulakov O. V. et al. *Pozharnaya bezopasnost kabelnoy produktsii: prakticheskoye posobiye* [Fire safety of cable products. Practical manual]. Kharkov, UCPU Publ., 2008. 216 p.
16. Baranov M. I., Koliushko G. M., Kravchenko V. I. et al. Generator toka iskusstvennoy molnii dlya naturnykh ispytaniy tekhnicheskikh obyektov [Generator of current of artificial lightning for the model tests of technical objects]. *Pribory i tekhnika eksperimenta — Instruments and Technique Experiment*, 2008, no. 3, pp. 81–85.
17. Kuchling H. Reference book on Physics. Leipzig, 1980 (Russ. ed.: Kuchling H. Spravochnik po fizike. Moscow, Mir Publ., 1982. 520 p.).

Д. С. СЕРЕБРЕННИКОВ, главный специалист ОАО “НК “Роснефть” (Россия, 119049, г. Москва, ул. Шаболовка, 10, корп. 2; e-mail: d_serebrennikov@rosneft.ru)

Р. Р. ХУДОЛЕЙ, менеджер ОАО “НК “Роснефть” (Россия, 119049, г. Москва, ул. Шаболовка, 10, корп. 2; e-mail: r_khudoley@rosneft.ru)

А. В. МАРКЕЕВ, главный специалист ОАО “НК “Роснефть” (Россия, 119049, г. Москва, ул. Шаболовка, 10, корп. 2; e-mail: a_markeev@rosneft.ru)

УДК 614.841.3

СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

На основании существующих требований российских нормативных и законодательных документов к системам обеспечения пожарной безопасности авторами предложена система обеспечения пожарной безопасности применительно к предприятиям нефтегазового комплекса. Раскрыто понятие системы обеспечения пожарной безопасности на предприятиях нефтегазового комплекса. Приведено описание организационных и технических мероприятий в предлагаемой системе. Показано, что предлагаемая структура системы обеспечения пожарной безопасности основана на организационных и технических мероприятиях с учетом специфики предприятий нефтегазового комплекса.

Ключевые слова: система обеспечения пожарной безопасности; пожарная безопасность нефтегазового комплекса.

Любой организации как социально-экономической системе присуще стремление к самосохранению. Причем источник преобразований системы или функций находится обычно в самой системе. Способность организации к выживанию обеспечивается правильным выбором стратегии. При этом должен быть установлен динамический баланс между внешней и внутренней средами. Для самосохранения организации должна функционировать подсистема безопасности.

На протяжении своего развития человеческое общество постоянно сталкивалось с потребностью в обеспечении безопасности. При этом безопасность не всегда признавалась как потребность общественная, а тем более государственная [1].

В рамках настоящего исследования авторами рассматривалась только пожарная безопасность, являющаяся подсистемой комплексной безопасности.

Так, согласно основным понятиям Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [2] (далее — Технический регламент) пожарная безопасность объекта защиты — это состояние объекта защиты, характеризующееся возможностью предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара (ОФП).

Для описания системы обеспечения пожарной безопасности необходимо уточнить само понятие “система”. Существует, по меньшей мере, несколько десятков различных определений этого понятия, используемых в зависимости от контекста, области

знаний и целей исследования [3, 4]. В рамках данной работы авторами было выбрано следующее определение: система — совокупность интегрированных и регулярно взаимодействующих или взаимозависимых элементов, созданная для достижения определенных целей, причем отношения между элементами определены и устойчивы, а общая производительность или функциональность системы лучше, чем у простой суммы элементов [5].

Определив понятия “система” и “пожарная безопасность объекта защиты” для целей настоящей работы, перейдем к описанию системы обеспечения пожарной безопасности в нефтегазовом комплексе.

Федеральный закон “О пожарной безопасности” [6] дает следующее определение этого понятия: система обеспечения пожарной безопасности — это совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на борьбу с пожарами.

В свою очередь в Техническом регламенте [2] определено, что система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты включает в себя:

- систему предотвращения пожара;
- систему противопожарной защиты;
- комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности;
- в обязательном порядке комплекс мероприятий, исключающих возможность превышения величины допустимого пожарного риска, установлен-

ной Техническим регламентом [2], и направленных на предотвращение опасности причинения вреда третьим лицам в результате пожара.

Цель системы обеспечения пожарной безопасности, определенная в Техническом регламенте [2]: предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и защита имущества при пожаре, может быть представлена в виде трех основных задач с разным приоритетом достижения цели, но ведущих к единому результату — обеспечению определенного (требуемого) уровня пожарной безопасности объекта защиты.

Дадим определения составляющих системы обеспечения пожарной безопасности.

Система предотвращения пожара — комплекс технических средств и мероприятий, исключающих возможность возникновения пожара на объекте защиты.

Целью создания систем предотвращения пожаров является исключение условий возникновения пожара на объекте защиты, что достигается исключением условий образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания.

Система противопожарной защиты — комплекс технических средств и мероприятий, направленных на защиту людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий воздействия опасных факторов пожара на объект защиты (продукцию).

Целью создания систем противопожарной защиты является защита людей и имущества от воздействия ОФП и (или) ограничение его последствий, что обеспечивается снижением динамики нарастания опасных факторов пожара, эвакуацией людей и имущества в безопасную зону и тушением пожара.

Комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности — перечень мероприятий, направленных на снижение возможности возникновения взрывопожароопасной ситуации в первую очередь по причине халатности исполнения должностными лицами своих обязанностей, а также на ликвидацию угрозы для жизни и здоровья людей и снижение материального ущерба в случае возникновения пожара.

На основании существующих требований российских нормативных и законодательных документов к системам обеспечения пожарной безопасности авторами предложена система обеспечения пожарной безопасности для предприятий нефтегазового комплекса (далее — СОПБ). В предлагаемой системе организационные мероприятия подразделяются на два блока: 1) разработка и внедрение; 2) организация и обеспечение.

В блок “разработка и внедрение” входят следующие элементы: внутренние нормативные докумен-

ты (ВНД) в области пожарной безопасности, распорядительные документы, декларирование, пожарно-технические расчеты и научно-техническая деятельность.

В блок “организация и обеспечение” входят следующие элементы: противопожарный режим, обучение, противопожарная пропаганда, деятельность пожарной охраны (включая добровольную пожарную охрану (ДПО)), пожарный надзор, деятельность пожарно-технической комиссии (ПТК), учет пожаров и их последствий, расследование и изучение пожаров, исполнение предписаний Федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ) и бизнес-планирование.

Блок “разработка и внедрение”

На нефтегазовом предприятии должен быть разработан и внедрен комплекс ВНД, регламентирующих его деятельность (стандарты предприятия, инструкции, положения, технологические регламенты и т. д.). Важную роль в комплексе ВНД необходимо отвести нормативным документам в области пожарной безопасности, которые не должны противоречить действующим нормативно-техническим документам в части пожарной безопасности, но могут устанавливать более жесткие требования в зависимости от специфики предприятия. Так, в перечне ВНД нефтегазового предприятия в обязательном порядке должны присутствовать инструкции по мерам пожарной безопасности (в том числе отдельно для каждого пожаровзрывоопасного и пожароопасного помещения производственного и складского назначения); инструкции по действиям персонала по эвакуации людей при пожаре; документы по организации безопасного проведения огневых и газоопасных работ; нормативные документы, регламентирующие технические мероприятия по пожарной безопасности; программы обучения, учитывающие специфику нефтегазовой отрасли, и т. д.

На нефтегазовом предприятии должны быть разработаны распорядительные документы в области пожарной безопасности (приказы, распоряжения, протоколы и т. п.). В обязательном порядке должны быть разработаны и изданы приказ об установлении противопожарного режима на территории и в помещениях организации; приказ о назначении лиц, ответственных за пожарную безопасность; распорядительные документы по определению мест для курения, по установлению порядка уборки горючих отходов и пыли, хранения промасленной спецодежды, по определению порядка обесточивания электрооборудования в случае пожара и по окончании рабочего дня и т. д.

Как и на любом предприятии, осуществляющем свою деятельность на территории Российской Фе-

дерации, на предприятии нефтегазовой отрасли в соответствии с требованиями Технического регламента [2] должны быть разработаны декларации пожарной безопасности.

Соответствующие структурные подразделения нефтегазового предприятия должны осуществлять пожарно-технические расчеты, включающие: определение категорий зданий, помещений и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, расчет величин пожарного риска, сил и средств, необходимых для ликвидации пожара, и т. д.

Нефтегазовые предприятия должны:

- внедрять результаты научно-технической деятельности и по возможности вести работы в направлении научно-технической деятельности;
- ежегодно разрабатывать и проводить испытания новых способов и методов борьбы с пожарами и их последствиями;
- внедрять научно обоснованные и апробированные способы и методы противопожарной защиты, что может существенно повлиять на повышение уровня пожарной безопасности нефтегазового предприятия;
- в рамках научно-технической деятельности участвовать в разработке, рассмотрении, согласовании и экспертизе проектных решений, связанных с пожарной безопасностью.

Блок «организация и обеспечение»

На нефтегазовом предприятии должен быть организован противопожарный режим в соответствии с ВНД предприятия и нормативными документами по пожарной безопасности Российской Федерации. Противопожарный режим — это требования пожарной безопасности, устанавливающие правила поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий, зданий, сооружений, помещений организаций и других объектов в целях обеспечения пожарной безопасности. Правильная организация противопожарного режима на предприятии ведет к снижению затрат на противопожарные мероприятия.

Работники нефтегазового предприятия должны пройти соответствующее обучение по пожарной безопасности в соответствии с ВНД предприятия и нормативными документами по пожарной безопасности Российской Федерации. Обучение работников нефтегазового предприятия мерам пожарной безопасности осуществляется путем проведения противопожарного инструктажа и организации пожарно-технических минимумов (ПТМ). Для обеспечения своевременного и необходимого обучения по пожарной безопасности в структурных подразделениях предприятия должны быть:

- программа для проведения вводного противопожарного инструктажа;
- программа для проведения первичного противопожарного инструктажа;
- перечень вопросов, по которым следует проверять знания после первичного, повторного и внепланового противопожарных инструктажей;
- график проведения обучения пожарно-техническому минимуму;
- журнал регистрации инструктажей по вопросам пожарной безопасности.

На предприятии должна быть организована противопожарная пропаганда с целью информирования работников о проблемах и путях обеспечения пожарной безопасности. Пропаганда осуществляется через средства массовой информации, посредством издания и распространения специальной литературы и рекламной продукции, устройства тематических выставок, смотров, конкурсов, конференций и использования других, не запрещенных законодательством Российской Федерации, форм информирования. Структурные подразделения и технологические единицы как центрального аппарата управления нефтегазового предприятия, так и его дочернего общества должны быть оснащены материалами по противопожарной пропаганде.

На предприятии нефтегазового комплекса должна быть организована пожарная охрана для решения задач по предупреждению и тушению пожаров. Возможны несколько вариантов организации пожарной охраны на предприятии:

- 1) договорные подразделения пожарной охраны МЧС России (образуются по договору с ГУ МЧС субъектов Российской Федерации);
- 2) муниципальная пожарная охрана (образуется по договору с органами местного самоуправления на территории муниципальных образований);
- 3) пожарная охрана самого предприятия или его дочернего общества (образуется по решению органов управления предприятия);
- 4) частная пожарная охрана (образуется сторонней организацией, оказывающей услуги в области предупреждения и тушения пожаров);
- 5) смешанный вариант (комбинация различных видов пожарной охраны).

На всех объектах нефтегазового предприятия должна быть предусмотрена возможность:

- тушения пожаров передвижной пожарной техникой (причем первые пожарные подразделения в пределах своих тактических возможностей должны обеспечить ограничение развития пожара, в том числе с использованием имеющихся систем противопожарной защиты объекта, независимо от их ведомственной принадлежности);

- сосредоточения сил и средств, тушения пожаров в сроки, определенные нормативными документами.

Организация добровольной пожарной охраны возлагается на руководителя предприятия либо на руководителя структурного подразделения или технологической единицы, в котором она создается.

Организация пожарного надзора на предприятии является одним из важных элементов СОПБ. Пожарный надзор на охраняемых объектах предприятия осуществляется по следующим основным направлениям:

- разработка мероприятий по обеспечению пожарной безопасности и контроль за их реализацией;
- организация и осуществление контроля за соблюдением требований пожарной безопасности.

Непосредственное руководство организацией работы по ведению пожарного надзора в центральном аппарате предприятия возлагается на руководителя (заместителя руководителя) предприятия, курирующего вопросы пожарной безопасности. Оперативное методическое руководство, координация работ по ведению пожарного надзора на предприятии возлагаются на структурное подразделение, курирующее вопросы пожарной безопасности.

В дочернем обществе предприятия вопросы организации пожарного надзора возлагаются на руководителя дочернего общества, главного инженера/технического руководителя дочернего общества, структурное подразделение, курирующее вопросы пожарной безопасности в дочернем обществе, и подразделение пожарной охраны в составе дочернего общества (при его наличии). Оперативное методическое руководство, координация работ по ведению пожарного надзора на предприятии возлагаются на структурное подразделение, курирующее вопросы пожарной безопасности в дочернем обществе.

При заключении договоров с организацией, оказывающей услуги в области предупреждения и тушения пожаров, пожарный надзор осуществляется этой организацией. При этом руководитель дочернего общества, главный инженер/технический руководитель дочернего общества и структурное подразделение, курирующее вопросы пожарной безопасности в дочернем обществе, осуществляют пожарный надзор в рамках работы ПТК, в том числе с целью контроля качества выполнения договорных обязательств указанной организацией.

При осуществлении пожарного надзора проверяется соблюдение требований пожарной безопасности, а также выполнение предписаний и актов-предписаний органов государственного пожарного надзора (ГПН), представлений, предложений, в том числе:

- наличие организационных и распорядительных документов по обеспечению пожарной безопасности и их выполнение;
- содержание территории, зданий, сооружений и помещений технологических установок, инженерных сетей;
- состояние эвакуационных путей и выходов, наличие и исправность индивидуальных и коллективных средств спасения;
- наличие, правильность монтажа и работоспособность систем противопожарной защиты;
- состояние систем противопожарного водоснабжения и первичных средств пожаротушения;
- готовность персонала к действиям в случае возникновения пожара;
- организация и проведение противопожарной пропаганды и обучения персонала мерам пожарной безопасности;
- наличие лицензий у организаций, осуществляющих деятельность в области пожарной безопасности;
- наличие технической документации на вещества, материалы, изделия и оборудование, сведений о показателях пожарной опасности и мерах пожарной безопасности при обращении с ними;
- соответствие применяемых противопожарных мероприятий на строящихся и реконструируемых объектах проектной документации и требованиям нормативных документов в области пожарной безопасности.

На нефтегазовом предприятии могут быть организованы ПТК. На крупных предприятиях ПТК могут создаваться в структурных подразделениях и технологических единицах. Целью создания ПТК является привлечение работников предприятия к активному участию в работе по предупреждению пожаров и противопожарной защите предприятия.

Основными задачами ПТК являются:

- содействие руководству предприятия и пожарной охране объектов в проведении пожарно-профилактической работы, установлении требуемого противопожарного режима в структурных подразделениях, технологических единицах, административных и мобильных зданиях, осуществлении контроля за соблюдением требований федеральных законодательных и нормативно-правовых актов, распорядительных и (или) внутренних нормативных документов предприятия в области пожарной безопасности, а также в выполнении предписаний и постановлений государственного и ведомственного пожарного надзора;
- выявление нарушений требований пожарной безопасности в структурных подразделениях и технологических процессах производства, в ра-

боте агрегатов, установок, лабораторий, мастерских, на складах, базах и т. п., которые могут привести к возникновению пожара, взрыва или аварии, и участие в разработке корректирующих и предупреждающих действий;

- рассмотрение рационализаторских предложений и изобретений в области пожарной безопасности.

На предприятии нефтегазового комплекса должен быть организован учет пожаров и их последствий, а также организован и регламентирован процесс расследования и изучения причин и последствий пожаров. Расследование причин пожаров на объекте предприятия направлено на установление обстоятельств и причин пожара, размера причиненного им ущерба, ответственных лиц, виновных в происшедшем пожаре, а также на разработку мер по устранению его последствий и профилактических мероприятий по предупреждению аналогичных пожаров.

Расследованию подлежат все случаи пожаров и загораний, происшедшие на объектах предприятия, независимо от их размеров, причин возникновения, количества привлекаемых для тушения сил и средств, а также размера материального ущерба (при его наличии), за исключением:

а) случаев горения, предусмотренных технологическим регламентом или иной технической документацией, а также условиями работы промышленных установок и агрегатов;

б) случаев горения, возникающих в результате обработки предметов огнем, теплом или иным термическим (тепловым) воздействием с целью их переработки и изменения других качественных характеристик;

в) случаев горения автотранспортных средств, причиной которых явилось дорожно-транспортное происшествие;

г) пожаров, причиной которых явились авиационные и железнодорожные катастрофы, форс-мажорные обстоятельства (террористические акты, военные действия, спецоперации правоохранительных органов, землетрясения, извержение вулканов и др.);

д) покушений на самоубийство и самоубийства путем самосожжения, не приведших к гибели и травмированию других людей либо уничтожению или повреждению материальных ценностей;

е) случаев загораний сухой травы и тополиного пуха, не приведших к распространению пламени на объекты предприятия.

Пожары, происшедшие в зданиях, помещениях, сооружениях и на других объектах на территории предприятия, арендуемых сторонними организациями, на движимом имуществе сторонней организации, а также пожары, происшедшие при выполнении

(или после выполнения) работ подрядными организациями на объектах предприятия, расследуются комиссиями, созданными на предприятии, с привлечением организации, оказывающей услуги предприятию в области пожарной безопасности по договору.

Пожары, происшедшие на объектах предприятия по вине подрядных организаций (монтажных, строительных, ремонтных и т. п.), должны расследоваться с приглашением представителей этих подрядных организаций, а копии актов расследования — направляться в их адрес. При невозможности соблюдения этого требования в акте расследования должна быть сделана соответствующая запись и приложены к нему заверенные копии приглашений.

Учету подлежат все пожары и загорания, происшедшие на объектах предприятия независимо от взятия их на учет государственными надзорными органами, ущерба и последствий от них, за исключением случаев, указанных выше.

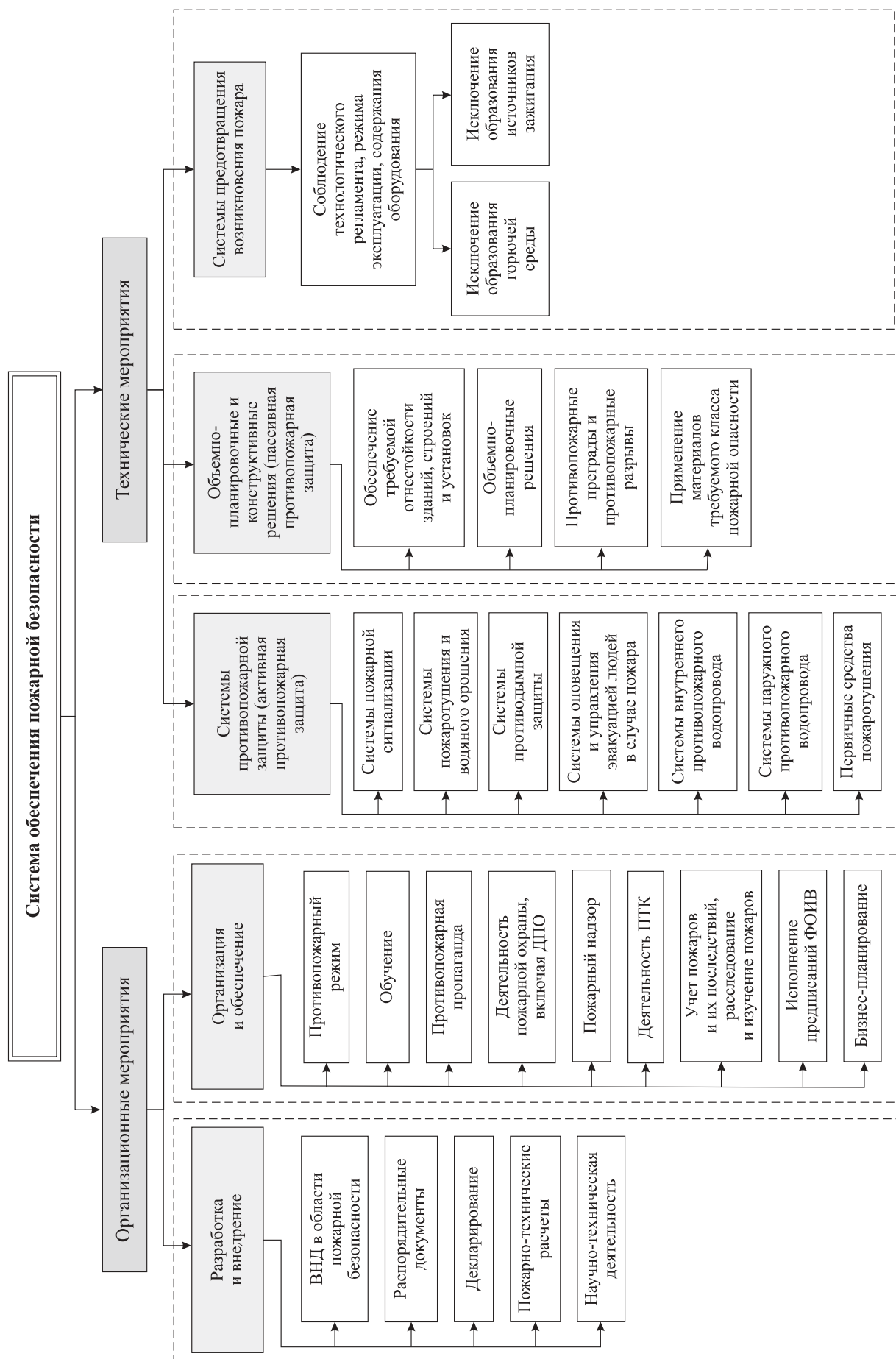
Учет пожаров и последствий от них ведется в структурном подразделении, курирующем вопросы пожарной безопасности в дочернем обществе, и в структурных подразделениях пожарной охраны (при оказании услуг по договору) с регистрацией в журнале учета пожаров.

Важным элементом СОПБ на нефтегазовом предприятии является организация и обеспечение исполнения предписаний ФОИВ. Информация о предстоящей проверке дает время для проведения превентивных мероприятий и мониторинга системы обеспечения пожарной безопасности. Для обеспечения пожарной безопасности объекта и снижения риска получения предписаний с замечаниями по результатам проверок ФОИВ необходимо:

- на стадии проектирования и строительства точно соблюдать требования пожарной безопасности;
- своевременно и с заданной периодичностью выполнять все необходимые организационные мероприятия;
- вести базу данных со всеми выявленными нарушениями и не допускать их повторения на аналогичных объектах.

При работе с ФОИВ предлагается осуществлять квартальный учет результатов проверок, который позволит в дальнейшем провести анализ нарушений и скоординировать план действий.

Последним и немаловажным элементом в блоке организационных мероприятий СОПБ является бизнес-планирование мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Правильное планирование затрат позволит минимизировать экономические риски и не допустить дефицит или профицит денежных средств, направленных на реализацию мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.



Структурная схема Системы обеспечения пожарной безопасности в нефтегазовом комплексе

Следует отметить, что внутри блока организационных мероприятий существует обязательная взаимосвязь между элементами. Так, например, противопожарный режим должен быть установлен на основании распорядительных документов, а также связан с исполнением предписаний ФОИВ и, как следствие, с бизнес-планированием; порядок обучения по пожарной безопасности устанавливается распорядительными документами и регламентируется соответствующими ВНД; организация пожарной охраны, ДПО, пожарный надзор, деятельность ПТК должны регламентироваться соответствующими ВНД и т. д.

Технические мероприятия предлагаемой СОПБ подразделяются на три блока: 1) системы противопожарной защиты (активная противопожарная защита); 2) объемно-планировочные и конструктивные решения (пассивная противопожарная защита); 3) системы предотвращения возникновения пожара.

К активной противопожарной защите относятся следующие элементы: системы пожарной сигнализации, системы пожаротушения и водяного орошения, системы противодымной защиты, системы оповещения и управления эвакуацией людей в случае пожара, системы внутреннего противопожарного водопровода, системы наружного противопожарного водоснабжения, первичные средства пожаротушения.

К пассивной противопожарной защите относятся следующие элементы: обеспечение требуемой огнестойкости зданий, строений и установок; объемно-планировочные решения; противопожарные преграды и противопожарные разрывы; применение материалов требуемого класса пожарной опасности.

В системы предотвращения возникновения пожара входят всего два элемента: исключение образования горючей среды и исключение образования источников зажигания, которые объединяет общий принцип — соблюдение технологического регламента, режима эксплуатации и содержания оборудования.

Предприятия нефтегазовой отрасли должны быть оснащены системами противопожарной защиты и системами предотвращения возникновения пожара. Кроме того, на предприятии должны при-

меняться объемно-планировочные и конструктивные решения и средства (включая применение огнезащитных составов и строительных материалов и конструкций с соответствующими пределами огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности), обеспечивающие ограничение распространения пожара за пределы очага [2].

Основными задачами технических мероприятий СОПБ являются: создание единых требований к оборудованию системами противопожарной защиты и системами предотвращения возникновения пожара объектов предприятия; создание эффективной нормативной базы для формализации и унификации требований по оборудованию объектов предприятия указанными системами.

На сегодняшний день существует большое количество нормативных и отраслевых документов, предъявляющих требования к системам противопожарной защиты, объемно-планировочным и конструктивным решениям и системам предотвращения возникновения пожара. Однако данные нормативные и отраслевые документы не всегда учитывают особенности того или иного нефтегазового предприятия или попросту неприменимы к объектам нефтегазовой отрасли. В связи с этим важным моментом в данном блоке является разработка собственных ВНД, предъявляющих требования к системам противопожарной защиты и системам предотвращения возникновения пожара и учитывающих специфику предприятия, а также климатические особенности региона, в котором предприятие осуществляет свою деятельность. Кроме того, в блоке технических мероприятий необходимо разрабатывать технологические регламенты по обслуживанию, ремонту и проверке всех систем противопожарной защиты и систем предотвращения возникновения пожара.

Таким образом, структурную схему СОПБ в нефтегазовом комплексе можно представить в следующем виде (см. рисунок).

Предлагаемая система обеспечения пожарной безопасности позволит повысить эффективность обеспечения пожарной безопасности на предприятии нефтегазовой отрасли и, в конечном счете, повысить уровень пожарной безопасности предприятия в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кафидов В. В. Экономическая сущность систем обеспечения безопасности // Управление экономическими системами : электронный научный журнал. — 2012. — Т. 43, № 7. URL : <http://vkafidov.narod.ru/business11.html> (дата обращения: 12.07.2014 г.)
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008 г.; одоб. Сов. Федерации 11.07.2008 г. // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. 1), ст. 3579 (с изм. от 02.07.2013 г. № 185-ФЗ).

3. Волкова В. Н., Денисов А. А. Теория систем : учеб. пособие. — М. : Высшая школа, 2006. — 511 с.
4. Корилов А. М., Павлов С. Н. Теория систем и системный анализ : учеб. пособие. — 2-е изд., доп. и перераб. — Томск : Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2008. — 264 с.
5. Батоврин В. К. Толковый словарь по системной и программной инженерии. — М. : ДМК Пресс, 2012. — 280 с.
6. О пожарной безопасности : Федер. закон от 21.12.94 г. № 69-ФЗ; принят Гос. Думой 18.11.94 г.; введ. 26.12.94 г. // Собр законодательства РФ. — 1994. — № 35, ст. 3649 (с изм. от 30.12.2012 г. № 283-ФЗ).

Материал поступил в редакцию 16 июля 2014 г.

English

FIRE SAFETY SYSTEM OF OIL AND GAS INDUSTRY

SEREBRENNIKOV D. S., Senior Specialist, OAO "NK "Rosneft" (OJSC "Oil Company "Rosneft")
(Shabolovka, 10, bldg. 2, Moscow, 119049, Russian Federation; e-mail address: d_serebrennikov@rosneft.ru)

KHUDOLEY R. R., Manager, OAO "NK "Rosneft" (OJSC "Oil Company "Rosneft")
(Shabolovka, 10, bldg. 2, Moscow, 119049, Russian Federation; e-mail address: r_khudoley@rosneft.ru)

MARKEEV A. V., Senior Specialist, OAO "NK "Rosneft" (OJSC "Oil Company "Rosneft")
(Shabolovka, 10, bldg. 2, Moscow, 119049, Russian Federation; e-mail address: a_markeev@rosneft.ru)

ABSTRACT

This article discusses issues related to the fire safety system. It is revealed the concept of fire safety system. On the basis of a systematic approach and the provisions of laws and regulations on fire safety in the Russian Federation the authors proposed a structure of the fire safety system for oil and gas industry. The proposed system consists of two major blocks — arrangements and technical events. In turn, each of the designated block is divided into sub-blocks, which have a certain set of functions that characterizes the sub-block. In the system of fire safety for oil and gas industry large aspect given to the development of internal regulations of oil and gas pre-acceptance for regulatory arrangements and to establish uniform requirements for fire protection systems and fire prevention systems and enterprise-specific. The proposed system of fire safety with proper management and operation will increase the effectiveness of fire safety in the oil and gas industry and, ultimately, improve the fire safety of the whole enterprise.

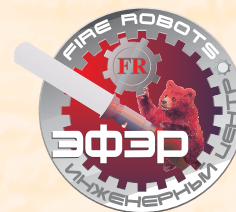
Keywords: fire safety system; fire safety of the oil and gas industry.

REFERENCES

1. Kafidov V. V. Ekonomicheskaya sushchnost sistem obespecheniya bezopasnosti [The economic essence of security systems]. *Upravleniye ekonomicheskimi sistemami. Elektronnyy nauchnyy zhurnal — Management of economic systems. Electronic Scientific Journal*, 2012, vol. 43, no. 7. Available at: <http://vkafidov.narod.ru/business11.html> (Accessed 12 July 2014).
2. 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).
3. Volkova V. N., Denisov A. A. *Teoriya sistem: uchebnoye posobiye* [Systems theory: a tutorial]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2006. 511 p.
4. Korikov A. M., Pavlov S. N. *Teoriya sistem i sistemnyy analiz: uchebnoye posobiye. 2-ye izd.* [Systems theory and systems analysis: a tutorial. 2nd ed.]. Tomsk, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics Publ., 2008. 264 p.
5. Batovrin V. K. *Tolkovyy slovar po sistemnoy i programnoy inzhenerii* [Glossary of system and software engineering]. Moscow, DМК Press Publ., 2012. 280 p.
6. About fire safety. Federal Law on 21.12.1994 No. 69. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of Russian Federation*, 1994, no. 35, art. 3649 (in Russia).

ЗАО “Инженерный центр пожарной робототехники “ЭФЭР”

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



ПОЖАРНЫЕ РОБОТЫ И СТВОЛЬНАЯ ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА

в пожарной автоматике и пожарной охране.

IV. Лафетные стволы*

Ствольная пожарная техника является одним из основных и наиболее мощных средств борьбы с пожарами, стоящих на вооружении пожарных частей или входящих в оснащение противопожарной защиты пожароопасных объектов. Как свидетельствует история пожарной охраны, тушение любого пожара не обходится без применения лафетных стволов. Их роль при тушении настолько велика, что даже масштабы пожара принято оценивать количеством задействованных на тушение лафетных стволов.

Ствольная пожарная техника включает в себя пожарные лафетные стволы с ручным и дистанционным управлением и ручные стволы. К ствольной технике поставляются также дополнительные устройства, расширяющие ее функциональные возможности.

Основным назначением пожарных стволов является дистанционная эффективная подача огнетушащего вещества на очаг загорания, что позволяет проводить пожаротушение на расстоянии от огневого фронта в пределах радиуса действия струи.

Диапазон расходов пожарных стволов простирается от минимального — менее 1 л/с для ручных пожарных стволов до 500 л/с и более для стационарных лафетных стволов, способных обрушить на очаг пожара 1,5 тыс. кубометров воды в час и более. Это равноценно содержанию трехсот 5-кубовых пожарных автоцистерн типа АЦ-5-40!

Большие расходы вызывают значительную реактивную силу отдачи, что приводит к необходимости применения опорных приспособлений или лафетов, откуда собственно и название “лафетные стволы” (далее — ЛС).

Формирование ЛС сплошных и распыленных струй с изменяемыми углами факела, регулирование расхода, эжектирование пенообразователей и смачивателей, осцилляция, создание защитных экранов — все это реализуется в конкретных изделиях ствольной пожарной техники.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЛАФЕТНЫХ СТВОЛОВ

Лафетные стволы различаются по способу базирования, расходу, форме струи, виду управления, назначению, условиям применения, дополнительным устройствам, расширяющим их функциональные возможности, и пр. (рис. 1). Основные характеристики лафетных стволов приведены в таблице.

* Данная статья продолжает серию статей “Пожарные роботы и ствольная пожарная техника в пожарной автоматике и пожарной охране”, опубликованных в № 4, 5 и 8 за 2014 г.

Основные технические характеристики лафетных стволов

Показатель	ЛС-С20(15,25)У, ЛСД-С20(15,25)У, ЛС-П20(15,25)У, ЛСД-П20(15,25)У, ЛС-П/С20(15,25)У			ЛС-С40(20,30)У, ЛСД-С40(20,30)У, ЛС-П40(20,30)У, ЛСД-П40(20,30)У, ЛС-П/С40(20,30)У			ЛС-С60(40,50)У, ЛСД-С60(40,50)У, ЛС-П60(40,50)У, ЛСД-П60(40,50)У, ЛС-П/С60(40,50)У			ЛС-С100(80,90,125)У, ЛСД-С100(80,90,125)У				ЛС-С100/150У, ЛСД-С100/150У	
Номинальное давление, МПа	0,6			0,6			0,6			0,8				0,8	
Рабочее давление, МПа	0,4–0,8			0,4–0,8			0,6–1,0			0,6–1,0				0,6–1,0	
Максимальное давление, МПа	1,2			1,5			1,5			1,5				1,5	
Расход воды (водного раствора пенообразователя), л/с	15	20	25	20	30	40	40	50	60	80	90	100	125	100	150
Дальность струи, м, не менее:															
– водяной сплошной	50	55	59	55	62	70	70	75	80	87	95	100	105	100	110
– распыленной (при угле 30°)	30	34	35	34	38	43	43	46	49	53	58	63	64	63	74
– пенной сплошной	45	50	52	50	54	60	60	64	68	74	81	85	95	85	99



Рис. 1. ЛС-С60(40,50)У с ручным управлением



Рис. 2. ЛСД-С200Уш с дистанционным управлением шаровой



Рис. 4. ЛС-П60(40,50)Уо переносной с осциллятором



Рис. 3. ЛСД-С20(15,25)У-Ех во взрывозащищенном исполнении



Рис. 5. ЛС-В150У, возимый на прицепе

В соответствии с ГОСТ Р 51115–97 лафетные стволы подразделяются:

- по виду управления: дистанционные (Д), ручные (без индекса Д);
- по способу базирования: стационарные (С), переносные (П), возимые (В);
- по расходу, л/с: от 15 до 500;
- по форме струи: с распыленной водяной и пенной струей, с изменяемым углом факела распыления — универсальные (У), со сплошной струей (без индекса У).

Лафетные стволы стационарные с ручным управлением (рис. 1) выпускаются трех видов конструкции: литьевой — из алюминиевых сплавов, трубной — из тонкостенной нержавеющей стали и шаровой.

Лафетные стволы стационарные с дистанционным управлением (рис. 2 и 3) выпускаются в общепромышленном и взрывозащищенном исполнении. Управление ими производится по кабелю или радиоканалу и включает в себя наведение ствола (“вправо”, “влево”, “вверх”, “вниз”), выбор скорости наведения (рабочая, повышенная) и формирование угла распыления струи (“шире”, “уже”). Для стволов на три степени подвижности вводятся дополнительные команды по подъему и опусканию ствола.

Лафетные стволы переносные (рис. 4) выпускаются с ручным и дистанционным управлением. Стволы данного типа служат для оперативной установки в непосредственной близости от пожара и подключаются пожарными рукавами к источнику водоснабжения. Для охлаждения часто применяют стволы со

встроенными осцилляторами, позволяющими циклично орошать поверхность в заданном секторе. Для подачи пены используются стволы с эжектированием пенообразователя.

Лафетные стволы возимые (рис. 5) устанавливаются на прицепах к транспортным средствам. Как правило, это стволы больших расходов. Дополнительно к стволу на прицепе может быть смонтировано оборудование и оснастка для подключения к системе водоснабжения.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАФЕТНЫХ СТВОЛОВ

Пожарные стволы предназначены для тушения пожаров, охлаждения строительных и технологических конструкций, осаднения облаков ядовитых и радиоактивных газов. Лафетные стволы используются в комплексных системах противопожарной защиты крупных промышленных зданий и сооружений, на объектах нефтегазовой промышленности, таких как резервуарные парки, нефтеналивные железнодорожные эстакады и нефтяные причалы, а также на передвижной пожарной технике (пожарных автомобилях, пожарных танках, пожарных катерах).

Лафетные стволы на вышках

Для наружных пожароопасных объектов пожарные лафетные стволы устанавливаются на специальных пожарных вышках высотой от 2,5 до 28 м в зависимости от высоты объекта.



Рис. 6. Самый северный пожарный пост (о-в Самойловский, море Лаптевых)

Вышка пожарная предназначена для установки на ней пожарных лафетных стволов с целью увеличения радиуса действия пожарного ствола, подачи воды на большую высоту, улучшения обзора, а также для тушения объектов, закрытых другими сооружениями (рис. 6).

Лафетные стволы на транспортных средствах

Эффективность пожарных машин заключается не только в быстрой доставке огнетушащих веществ к месту пожара, но и в оптимальном использовании их при его тушении. Этому в значительной степени способствуют современные универсальные водопенные стволы с широкими функциональными возможностями.

На рис. 7 представлена автоцистерна АЦ-5-40 — пожарный автомобиль, предназначенный для доставки к месту пожара личного состава, пожарно-технического вооружения и оборудования, а также для ведения боевых действий по тушению пожара. Автоцистерна оборудована 5-т емкостью с насосом с подачей 40 л/с жидких огнетушащих веществ и средств



Рис. 7. Автоцистерна АЦ-5-40



Рис. 8. Пожарный автомобиль в действии

вами их подачи — лафетными и ручными стволами. Лафетные стволы могут быть с ручным или дистанционным управлением и устанавливаются на крыше кабины и бампере автомобиля. На рис. 8 показан пожарный автомобиль в действии.

На аэродромных пожарных автомобилях используются высокопроизводительные насосы с подачей до 7000 л/мин и пологой характеристикой: только такие насосы могут обеспечить требуемую интенсивность подачи и стабильность напора при ее изменении. Важнейшим агрегатом аэродромного автомобиля является лафетный ствол (или комбинация лафетных стволов). Расход лафетного ствола адекватен номинальной подаче насоса и достигает 7000 л/мин. В аэродромный автомобиль стандартного исполнения входит система переключения расхода ствола на экономичный (50 %-ный) режим подачи, которая приводится в действие при включении бамперных стволов и системы самозащиты (оросителей) автомобиля.

Для защиты лесов от пожаров, наряду с авиационной охраной, необходима наземная инфраструктура, в которой значительная роль отводится лесопожарным тракторам. На рис. 9 представлен лесопожарный трактор ЛХТ-100А-ЭФЭР-2ВН, предназначенный для борьбы с верховыми и низовыми лесными пожа-



Рис. 9. Лесопожарный трактор



Рис. 10. Пожарный танк с лафетным стволом ЛСД-С100У

рами механизированным способом в труднодоступных местах. Лафетные и ручные стволы составляют основу противопожарного вооружения трактора и позволяют тушить пожары водой, тонкораспыленной водой, низкократной пеной и эмульсией. Пополнение запасов воды осуществляется забором воды из открытых водных источников. Трактор может применяться и как насосная станция для подачи воды на расстояние до 500 м и на высоту до 80 м, в связи с чем его можно использовать для тушения пожаров в удаленных лесных поселках, а также на лесобиржах. Локализация лесных пожаров проводится путем прокладки заградительных противопожарных полос.

Пожарные танки предназначены для тушения пожаров в экстремальных взрывоопасных условиях, в частности на складах боеприпасов и взрывчатых изделий. На рис. 10 представлен пожарный танк с лафетным стволом ЛСД-С100У.

Противопожарные корабли

Противопожарные корабли предназначены для борьбы с пожарами на кораблях и судах, а также на береговых объектах. Противопожарные корабли имеют водоизмещение 500–1000 т, скорость 12–20 уз. Основным средством пожаротушения служат водяные пожарные системы, состоящие из насосов производительностью до 10000 м³/ч и пожарных лафетных стволов, обеспечивающих дальность струи до 200 м, которые могут быть установлены по всей длине корпуса. Кроме того, противопожарные корабли оборудуются средствами пенотушения. Противопожарные катера имеют водоизмещение от 20 до 500 т, ско-



Рис. 11. Противопожарный катер КС-110-39

рость 10–15 уз, производительность насосов 2000–3000 м³/ч.

На рис. 11 представлен пожарно-спасательный речной стальной катер КС-110-39 с водометным двигателем, со стволом ЛСД-С150У (Костромской завод). Класс катера — «Р» по классификации Речного регистра Российской Федерации.

Пожарное оснащение катера состоит из стационарной водопенной установки и переносного пожарно-спасательного оборудования. Катер, благодаря своему оснащению, малой осадке и высокой маневренности, может эффективно использоваться для тушения объектов, находящихся как на плаву, так и в прибрежной мелководной зоне и на берегу (до 800 м). По оценкам специалистов пожарно-спасательный катер может оказаться единственно возможным средством для тушения пожаров в условиях плотной городской застройки с ограниченной пропускной способностью автомагистралей, а также на объектах, труднодоступных для автотранспорта, островах, в лесных поселках, гидросооружениях и т. д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время отечественной промышленностью выпускаются лафетные стволы в широком диапазоне по типу и исполнению, с техническими показателями, соответствующими уровню мировых стандартов. Данные средства вполне способны заменить разнокалиберную импортную технику, поступающую из зарубежных стран.

© **Ю. И. ГОРБАНЬ,**

генеральный директор – главный конструктор ЗАО «Инженерный центр пожарной робототехники «ЭФЭР», г. Петрозаводск

© **Е. А. СИНЕЛЬНИКОВА,**

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

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

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

УДК 614.84.664

ОСОБЕННОСТИ ТУШЕНИЯ ПЛАМЕНИ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫМИ ГАЗОАЭРОЗОЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ

Показано, что отличительной особенностью аэрозоля по сравнению с порошками и распыленной водой является особенно высокая степень дисперсности его частиц. Показано также, что при тушении аварийных проливов или пламени в резервуарах необходимо соблюдать условие обеспечения флегматизации горючей смеси паров горючего с воздухом, при котором расход тушащего аэрозоля должен быть пропорционален скорости выгорания (испарения) жидкости. Рассмотрены способы охлаждения продуктов сгорания аэрозолеобразующих составов (АОС). Показано, что анализ тепломассообмена в зоне горения при тушении аэрозолями может быть выполнен двумя способами. Проведен анализ материального баланса огнетушащего аэрозоля по аналогии с описанным ранее для случая применения фреонов. Показано, что современные АОС представляют собой смесь полимерного связующего с неорганическим окислителем и что от вида последнего зависит технология и способ получения зарядов АОС. В качестве неорганического окислителя предложены нитрат калия, перхлорат калия и их смеси. Установлено, что при использовании смешанного окислителя (KNO_3 с KClO_4) наблюдается эффект синергизма. Приведен пример отрицательного воздействия огнетушащего аэрозоля на материалы.

Ключевые слова: аэрозоль; тушение аэрозолеобразующими составами; тепломассообмен в зоне горения.

Аэрозоль как средство тушения пожара начали активно применять в 90-е годы прошлого столетия. Привлекала простота хранения и использования аэрозолеобразующих составов (АОС) — твердых композиций, состав которых был хорошо отработан в области твердых топлив и порохов. Для образования аэрозоля применяют генераторы огнетушащего аэрозоля (ГАО), что позволяет обеспечить тушение или локализацию пожара еще до прибытия пожарных частей или сразу же по их прибытии, до завершения боевого развертывания [1, 2]. В течение 10 лет, начиная с 1992 г., появилось множество патентов с описанием различных модификаций генераторов огнетушащего аэрозоля [3–8], некоторые из которых [9] представлены на рисунке.

Наиболее эффективным оказалось использование аэрозольных генераторов в условиях, когда существует угроза для жизни пожарных. Поскольку забрасывание огнетушителей в горящее помещение осуществляется извне, то воздействие на человека опасных факторов пожара: температуры, задымления, угрозы обрушения, электрического напряжения и т. п. — существенно снижается или исключается совсем.

В дальнейшем, с расширением области применения, выявились сложности в эксплуатации ГАО, в процессе работы которых выделяется аэрозоль с высокой температурой.

Отличительной особенностью аэрозоля по сравнению с порошками и распыленной водой является особенно высокая степень дисперсности его частиц. Вместе с дисперсной фазой в зону горения увлекаются и продукты окисления, а также азот.

Механизм тушения горючих жидкостей (ГЖ) аэрозольными составами основан на том, что в объеме создается необходимая огнетушащая концентрация аэрозоля, частицы которого отводят тепло из зоны горения за счет их нагревания, плавления и испарения. Для оценки интенсивности теплообмена в зоне горения необходим анализ процесса тепломассообмена. При анализе тепломассообмена в зоне горения при тушении ГАО необходимо учитывать, что температура частиц аэрозоля при выходе из ГАО близка к температуре плавления.

Как и в случае тушения пламени горючей жидкости порошком или распыленной водой при тушении аварийных проливов или пламени в резервуарах [10, 11], необходимо соблюдать условие обеспе-



Модификации генераторов огнетушащего аэрозоля

ния флегматизации горючей смеси паров горючего с воздухом, при котором расход тушащего аэрозоля должен быть пропорционален скорости выгорания (испарения) жидкости.

Если удельная скорость выгорания жидкости составляет U_0 , то для прекращения горения расход аэрозоля q (кг/с) должен быть не менее

$$q = U_0 S_0 \varphi_T / \varphi_G. \quad (1)$$

С учетом того что критическая интенсивность $J_{кр} = q/S_0$, получим:

$$J_{кр} = U_0 \varphi_T / \varphi_G. \quad (2)$$

Здесь U_0 — удельная скорость выгорания, кг/(м²·с);

S_0 — площадь поверхности горения, м²;

φ_T — тушащая или флегматизирующая концентрация, которая определяется экспериментально или рассчитывается из теплового баланса интенсивности выделения и поглощения тепла в зоне горения, кг/м³;

φ_G — концентрация горючего в стехиометрической смеси, кг/м³.

Возможны два способа охлаждения продуктов сгорания аэрозолеобразующих составов [3], каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Первый способ — внешнее охлаждение продуктов сгорания за счет их смешения с окружающим воздухом при выходе из генератора. Он не требует увеличения массы генератора, но имеет существенный недостаток, который связан с тем, что в зоне выпускных отверстий ГОА создается высокотемпературная зона. В ней происходит смешение продуктов сгорания с окружающим воздухом и, соответственно, их охлаждение, но этот процесс происходит не мгновенно, а постепенно, по мере удаления от ГОА. Второй способ — применение специальных блоков охлаждения, располагаемых перед блоком, в котором находится аэрозолеобразующий состав.

Если считать границей высокотемпературной зоны охлаждения расстояние от выпускных отверстий генератора до места, где температура потока снижается до приемлемого уровня (например, до 100 °С), то длина зоны охлаждения может составлять от не-

скольких сантиметров до 1,5 м в зависимости от характеристик горения аэрозолеобразующего состава, размера и количества выпускных отверстий, а также формы корпуса генератора, где они расположены [3, 12]. При подаче аэрозоля в зону горения он поступает туда вместе с парами, например, горючей жидкости и накапливается в объеме до достижения огнетушащей концентрации. По мере его накопления часть аэрозоля выносится из зоны горения вместе с продуктами сгорания.

Интенсивность теплообмена в зоне горения Q_0 складывается из потока тепла от горящей паровоздушной смеси и скорости теплоотвода частицами аэрозоля, которые поглощают тепло за счет плавления и испарения:

$$Q_0 = Q_n + Q_{пл} + Q_{и}, \quad (3)$$

где Q_n , $Q_{пл}$, $Q_{и}$ — интенсивность теплоотвода в зоне горения частицами аэрозоля нагреванием, плавлением и испарением (разложением) соответственно, Дж/кг.

Основным условием тушения пламени аэрозолем является допущение, что горение прекращается, если:

- снизить интенсивность выделения тепла в зоне горения в два раза, что может быть обеспечено за счет энергичного отвода тепла частицами аэрозоля благодаря исключительно высокой дисперсности;
- снизить скорость тепловыделения химической реакции горения за счет образования продуктов неполного сгорания (оксида углерода вместо углекислого газа);
- снизить скорость выгорания (испарения) горючей жидкости до минимальной величины, при которой образуется смесь горючего с воздухом с концентрацией ниже нижнего концентрационного предела воспламенения (НКПВ);
- разбавить горючую смесь продуктами термического распада до концентрации, в которой содержание горючего будет ниже НКПВ.

Существуют и другие условия, ведущие к потуханию пламени, но все они связаны с нарушением цикла тепломассообмена, установившегося при горении. Проведение анализа тепломассообмена в зоне горения при тушении пламени аэрозолями возможно двумя способами. При первом принимается, что независимо от механизма тушащего действия потухание пламени происходит при достижении в газовой смеси стехиометрического состава концентрации, равной тушащей, которая определена по стандартизированной методике [1]. Полагая, что основной компонент продуктов сгорания в струе аэрозоля — оксид углерода, можно проследить процесс тушения пламени, например, при горении жидкости по механизму, аналогичному использованному при рас-

смотрении тушения пролива ЛВЖ инертными газами. Известно, что тушащая концентрация аэрозоля φ_t при тушении смесей углеводородов с воздухом составляет около $15 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, но не более $25 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

Для определения расхода аэрозоля, обеспечивающего режим потухания, следует воспользоваться формулой (1).

Анализ материального баланса огнетушащего аэрозоля проведем по аналогии с описанным для случая применения фреонов [10].

Материальный баланс, включающий в себя процесс накопления и потерь аэрозоля, может быть представлен уравнением

$$q \, dt = S_0 U_0 \varphi \, dt + S_0 h \, d\varphi, \quad (4)$$

(подано) (потеряно) (накоплено)

где q — расход аэрозоля, $\text{кг}/\text{с}$;

τ — время, с ;

φ — концентрация аэрозоля, $\text{кг}/\text{м}^3$;

h — высота зоны тушения, м .

Преобразование простейшего дифференциального уравнения дает формулу для расчета времени тушения τ_t при заданном расходе аэрозоля:

$$\tau_t = \frac{h}{U_0} \ln \left(\frac{q}{q - U_0 \varphi} \right). \quad (5)$$

Перейдем к удельным величинам. Отношение q/S_0 обозначим как J (где J — интенсивность), а U_0/S_0 — как $J_{\text{кр}}$. Перепишем формулу (5) с учетом новых обозначений:

$$\tau_t = \frac{h}{U_0} \ln \left(\frac{J}{J - J_{\text{кр}}} \right). \quad (6)$$

При высокой скорости струи аэрозоля в зону тушения увлекается большой объем воздуха, что ведет к увеличению толщины тушащего слоя, а выражение (6), определяющее время тушения, приобретает уточненную форму:

$$\tau_t = \frac{h_0 \varphi}{2J_{\text{кр}}} \frac{2J_{\text{кр}} + J}{J - J_{\text{кр}}} = \tau_0 \frac{2J_{\text{кр}} + J}{J - J_{\text{кр}}}, \quad (7)$$

где h_0 — высота зоны горения до начала тушения, м ;

τ_0 — время подачи аэрозоля, с .

Введем удельный расход аэрозоля G ($\text{кг}/\text{с}$), т. е. количество аэрозоля, потраченного на тушение единицы площади поверхности горючей жидкости:

$$G = J \tau_t = \tau_0 \frac{J(2J_{\text{кр}} + J)}{J - J_{\text{кр}}}. \quad (8)$$

Приравняем производную dG/dJ к нулю и найдем формулу для определения экстремума, который по определению является оптимальной интенсивностью подачи аэрозоля $J_{\text{опт}}$ с минимальным удельным расходом:

$$\frac{dG}{dJ} = \tau_0 \left[\frac{J(2J_{\text{кр}} + J)}{J - J_{\text{кр}}} \right] = 0; \quad (9)$$

$$J_{\text{опт}} = 3,4 J_{\text{кр}}. \quad (10)$$

Второй способ анализа тепломассообмена тушения пламени аэрозолями базируется на аналогии, которая была использована при составлении уравнения тепломассообмена при описании процесса тушения пламени распыленной водой высокой степени дисперсности. Модель тушения аэрозолем основана на сопоставлении интенсивностей выделения и поглощения тепла, циркулирующего в зоне горения. Сверхнизкие тушащие концентрации аэрозоля объясняются необычайно высокой дисперсностью твердых частиц, которая обеспечивает быстрый съем тепла в зоне горения высокодисперсной системой аэрозоля.

Формула, иллюстрирующая процесс тепломассообмена при тушении пламени высокодисперсной системой, состоит из трех членов, два из которых иллюстрируют количество тепла, поступающего в зону горения в результате горения паров горючего и отводимого из нее по механизму теплопроводности частицами аэрозоля. Процесс анализа близок по физической сути к технологии тушения пламени ЛВЖ распыленной водой [11, 14–16].

Результат этих противоположно направленных процессов отразится на третьем члене уравнения, который учитывает снижение температуры массы газов в зоне теплообмена. Возьмем уравнение теплового баланса процесса тушения, обеспечиваемого воздействием испаряющихся твердых частиц на зону горения:

$$\rho C_p V dT_F = (n u_m S_0 Q_n - Q_w q_w) d\tau, \quad (11)$$

где ρ — плотность продуктов сгорания, $\text{кг}/\text{м}^3$;

C_p — теплоемкость продуктов сгорания, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

V — объем зоны горения, высота которой принимается равной светящейся части пламени или расстоянию от распылителя до поверхности горения, м^3 ;

T_F — температура газовой фазы, $^{\circ}\text{C}$;

n — коэффициент, учитывающий потери тепла излучением; $n \approx 0,6$;

u_m — удельная массовая скорость выгорания ГЖ в установившемся режиме горения до начала тушения, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

Q_n — удельная теплота сгорания, $\text{Дж}/\text{кг}$;

Q_w — удельная теплота плавления и испарения, $\text{Дж}/\text{кг}$;

q_w — массовый расход аэрозоля, $\text{кг}/\text{с}$.

Перепишем уравнение теплового баланса процесса тушения (11) в следующем виде:

$$\rho C_p h dT = q_F - q_w, \quad (12)$$

где $q_F = f(T_F)$;

$$q_w = f'(T_F, r_k);$$

r_k — радиус частички АОС, мм.

Представим параметры q_F и q_w в явном виде:

$$\rho C_p h dT = a T_F^2 - b T_F + c T, \quad (13)$$

где введены следующие обозначения:

$$a = u_m^0 / (T_F^0)^2; \quad (14)$$

$$b = -3J\tau_0 / (\rho r^2); \quad (15)$$

$$c = 3T_F J\tau_0 / (\rho r^2); \quad (16)$$

$$q_F = u_m^0 (T_F / T_F^0)^2; \quad (17)$$

$$q_w = \frac{\alpha f_\Sigma}{S_0} (T_F - T_k) = \frac{3J\tau_0}{\rho r} (T_F - T_k); \quad (18)$$

T_k — температура поверхности жидкости, °С.

Преобразуем формулу (13) к виду, удобному для интегрирования:

$$d\tau = \frac{\rho C_p h dT_F}{a T_F^2 + b T_F + c}. \quad (19)$$

Общий интеграл уравнения примет вид:

$$\tau = \frac{1}{\sqrt{b^2 - 4ac}} \ln \frac{2aX + b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2aX + b + \sqrt{b^2 - 4ac}}. \quad (20)$$

Проведем анализ дискриминанты общего интеграла:

$$4ac - b^2 > 0. \quad (21)$$

Подставив выражения для a , b и c из формул (14)–(16) в формулу (21), получим:

$$\frac{nu_m^0 Q_H}{(T_F^0)^2} \frac{3J\tau_0 T_F}{\rho r^2} - \left(\frac{3J\tau_0}{\rho r^2} \right)^2 > 0. \quad (22)$$

Упростим выражение (22), представив его первым членом степенного ряда и подставив в него краевые условия:

$$\tau_T = \frac{\rho h r^2 n u_m^0 Q_H}{3J (T_F^0)^2} \frac{T_F^0 - T_F}{J - J_{кр}}, \quad (23)$$

где $a = u_m^0 / (T_F^0)^2$; $b = -3J\tau_0 / (\rho r^2)$;

$$\tau_T = \frac{2a (T_F^0 - T_F) \rho C_p h}{2a T_F^0 + b}. \quad (24)$$

При $\tau_T \rightarrow \infty$

$$2a T_F + b = 0. \quad (25)$$

Подставив выражения для a и b из формул (14) и (15) в формулу (25), получим:

$$\frac{2nu_m^0 Q_H}{T_F^0} = \frac{3J\tau_0}{\rho r^2}. \quad (26)$$

Найдем выражение для критической интенсивности подачи струи АОС, в которой учитывается дисперсность исходной струи:

$$J_{кр} = \frac{2}{3} \frac{\rho r^2 n u_m^0 Q_H}{T_F^0 \tau_0}. \quad (27)$$

Критическая интенсивность, определяемая при тушении пламени, зависит от удельной теплоты сгорания, удельной массовой скорости выгорания горючей жидкости и времени подачи аэрозоля в зону горения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53284–2009. Техника пожарная. Генераторы огнетушащего аэрозоля. Общие технические требования. Методы испытаний. — Введ. 01.01.2010 г. — М.: Стандартинформ, 2009.
2. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с изм. 1): приказ МЧС России от 25.03.2009 г. № 175; введ. 01.05.2009 г. — М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
3. Пат. 2101056 Российская Федерация. МПК А62С13/22, А62С5/02. Генератор аэрозольного тушения пожаров / Щетинин В. Г., Романьков А. В. — № 93056915/12; заявл. 22.12.1993 г.; опубл. 10.01.1998 г.
4. Пат. 2101057 Российская Федерация. МПК А62С13/22, А62С19/00. Устройство для объемного тушения пожара / Апаршин А. А., Волков Г. А., Рыбин В. И., Фокин К. Л. — № 95120295/12; заявл. 29.11.1995 г.; опубл. 10.01.1998 г.
5. Пат. 2471522 Российская Федерация. МПК А62С13/22 (2006.01). Генератор огнетушащего аэрозоля / Баев С. Н., Шеин В. Н., Артамонов Д. Г., Демидов В. Г. — № 2011139367/12; заявл. 28.09.2011 г.; опубл. 10.01.2013 г., Бюл. № 1.
6. Пат. 2462283 Российская Федерация. МПК А62С13/22. Устройство для объемного аэрозольного тушения пожара / Козырев В. Н., Воробьев В. В. — № 2011125237/12; заявл. 21.06.2011 г.; опубл. 27.09.2012 г., Бюл. № 27.
7. Пат. 2101059 Российская Федерация. МПК А62С35/00. Автономный тепловой пускатель / Балякин В. Ю., Кичатов Г. В. — № 95117398/12; заявл. 06.10.1995 г.; опубл. 10.01.1998 г.

8. Пат. 2483771 Российская Федерация. МПК А62С19/00. Метательное огнетушащее устройство / Аминов Г. М., Козырев В. Н., Воробьев В. В., Емельянов В. Н., Резников М. С. — № 2012106347/12; заявл. 22.02.2012 г.; опубл. 10.06.2013 г., Бюл. № 16.
9. Проспект компании “Климент”. URL : <http://klivent.net/produkcija.html>. Проспект компании “Пожэнерго “Вольт Центр”. URL : <http://www.01energo.ru/history/aerazol.html> (дата обращения: 10.07.2014 г.).
10. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Тушение горючих жидкостей высококипящими хладагентами // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 5. — С. 67–71.
11. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Влияние дисперсности капель воды на эффективность тушения пожаров горючей жидкости // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 12. — С. 69–74.
12. Пат. 2205673 Российская Федерация. МПК А62С13/22, А62С35/00. Устройство для объемного аэрозольного тушения пожара / Дубрава О. Л., Румянцев В. Л. — № 2002108317/12, заявл. 03.04.2002 г.; опубл. 10.06.2003 г.
13. Корольченко Д. А., Реут М. В. Опыт применения огнетушителей типа СОТ-5М пожарными подразделениями // Пожарная безопасность, информатика и техника. — 1996. — Т. 17, № 3. — С. 110–112.
14. Блинов В. И., Худяков Г. Н. Диффузионное горение жидкостей. — М. : АН СССР, 1961. — 208 с.
15. Зельдович Я. Б., Баренблатт Г. И., Либрович В. Б., Махвиладзе Г. М. Математическая теория горения и взрыва. — М. : Наука, 1980. — 480 с.
16. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. — М. : Химия, 1982. — 400 с.

Материал поступил в редакцию 15 июля 2014 г.

English

FEATURES OF FIRE EXTINGUISHING BY FINELY DISPERSED GAS-AEROSOL SYSTEMS

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

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

ABSTRACT

It is shown that distinctive feature of aerosol, in comparison with powders and sprayed water, is especially high degree of dispersion of its particles. It is also shown that for extinguishing of emergency spills or fires in tanks it is necessary to ensure conditions of phlegmatization of combustible mixture of fuel vapors with air when expense of extinguishing aerosol is proportional to burning-out rate (evaporation) of liquid. Means of cooling of combustion products of aerosol-forming compounds (AFC) are considered. It is shown that the analysis of heat-mass exchange in combustion zone in case of aerosol extinguishing can be made in two ways. The analysis of material balance of fire extinguishing aerosol by analogy with early described analysis (in case of application of freons) is carried out. It is shown that modern AFC are the mix of polymeric binding agent with an inorganic oxidizer which type determine the technology and ways of obtaining of AFC charges. Such substances as potassium nitrate, potassium perchlorate and their mixtures are proposed as an inorganic oxidizer. It is established that usage of mixed oxidizer (KNO_3 with KClO_4) cause an effect of synergism. An example of negative impact of fire extinguishing aerosol on materials is given.

Keywords: aerosol; extinguishing by aerosol-forming compounds; heat-mass exchange in combustion zone.

REFERENCES

1. *National standard of the Russian Federation 53284–2009. Fire engineering. Generators of extinguishing aerosol. General technical requirements. Test methods.* Moscow, Standartinform Publ., 2009 (in Russian).
2. *Set of rules 5.13130.2009. Systems of fire protection. Automatic fire-extinguishing and alarm systems. Designing and regulations rules.* Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009 (in Russian).
3. Shchetinin V. G., Romankov A. V. *Generator aerosolnogo tusheniya pozharov* [Aerosol fire extinguishing generator]. Patent RF, no. 2101056, 10.01.1998.
4. Aparshin A. A., Volkov G. A., Rybin V. I., Fokin K. L. *Ustroystvo dlya obyemnogo tusheniya pozhara* [Three-dimensional fire extinguishing apparatus]. Patent RF, no. 2101057, 10.01.1998.
5. Baev S. N., Shein V. N., Artamonov D. G., Demidov V. G. *Generator ognetushashchego aerosolya* [Generator of extinguishing aerosol]. Patent RF, no. 2471522, 10.01.2013.
6. Kozyrev V. N., Vorob'ev V. V. *Ustroystvo dlya obyemnogo aerosolnogo tusheniya pozhara* [Three-dimensional aerosol fire extinguishing apparatus]. Patent RF, no. 2462283, 27.09.2012.
7. Balyakin V. Yu., Kichatov G. V. *Avtonomnyy teplovoy puskatel* [Autonomous temperature starter]. Patent RF, no. 2101059, 10.01.1998.
8. Aminov G. M., Kozyrev V. N., Vorob'ev V. V., Emel'janov V. N., Reznikov M. S. *Metatelnoye ognetushashcheye ustroystvo* [Missile fire-extinguishing device]. Patent RF, no. 2483771, 10.06.2013.
9. *Booklet of the "Klivent" company.* Available at: <http://klivent.net/produkcija.html>. *Booklet of the "Pozhenergo "Volt Tsentr" company.* Available at: <http://www.01energo.ru/history/aerosol.html> (Accessed 10 July 2014).
10. Korol'chenko D. A., Sharovarnikov A. F. *Tusheniye goryuchikh zhidkostey vysokokipyashchimi khladonami* [Combustible liquids suppression with high-boiling halons]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 5, pp. 67–71.
11. Korol'chenko D. A., Sharovarnikov A. F. *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]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 12, pp. 69–74.
12. Dubrava O. L., Rumyantsev V. L. *Ustroystvo dlya obyemnogo aerosolnogo tusheniya pozhara* [Three-dimensional aerosol fire extinguishing apparatus]. Patent RF, no. 2205673, 10.06.2003.
13. Korol'chenko D. A., Reutt M. V. *Opyt primeneniya ognetushiteley tipa SOT-5M pozharnymi podrazdeleniyami* [Experience of using of SOT-5M type fire extinguishers by fire divisions]. *Pozharnaya bezopasnost, informatika i tekhnika — Fire Safety, Informatics and Technology*, 1996, vol. 17, no. 3, pp. 110–112.
14. Blinov V. I., Khudyakov G. N. *Diffuzionnoye gorenije zhidkostey* [Diffusion burning of liquids]. Moscow, Russian Academy of Sciences Publ., 1961. 208 p.
15. Zel'dovich Ya. B., Barenblatt G. I., Librovich V. B., Makhviladze G. M. *Matematicheskaya teoriya gorenija i vzryva* [Mathematical theory of burning and explosion]. Moscow, Nauka Publ., 1980. 480 p.
16. Frolov Yu. G. *Kurs kolloidnoy khimii. Poverkhnostnyye yavleniya i dispersnyye sistemy* [The course of dispersoidology. Surface phenomena and disperse systems]. Moscow, Khimiya Publ., 1982. 400 p.

Л. М. МЕШМАН, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12)

А. Ю. СНЕГИРЕВ, д-р техн. наук, доцент, профессор Санкт-Петербургского государственного политехнического университета (Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29)

Л. Т. ТАНКЛЕВСКИЙ, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой пожарной безопасности Санкт-Петербургского государственного политехнического университета (Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29)

А. А. ТАРАНЦЕВ, д-р техн. наук, профессор, профессор Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149); заведующий лабораторией Института проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН (Россия, 199178, г. Санкт-Петербург, 12-я линия В. О., 13; e-mail: t_54@mail.ru)

УДК 614.8

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ В СПРИНКЛЕРНЫХ УСТАНОВКАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Ввиду широкого применения пластиковых труб, имеющих ряд эксплуатационных преимуществ, рассмотрена возможность их использования в автоматических установках водяного или пенного пожаротушения. Учитывая, что пластиковые трубы в отличие от металлических более чувствительны к повышенной температуре при пожаре, предложена модель теплового режима в местах расположения таких труб. Модель учитывает критический случай, когда отказывает спринклерный ороситель, ближайший к очагу пожара, а срабатывают один или несколько соседних оросителей. Выведены условия применимости пластиковых труб, учитывающие высоту защищаемого помещения, свойства пожарной нагрузки и допустимую температуру для пластиковой трубы. Приведены алгоритм оценки применимости пластиковых труб для защиты конкретного помещения спринклерной автоматической установкой водяного пожаротушения и пример расчета.

Ключевые слова: пластиковая труба; спринклерная автоматическая установка пожаротушения; ороситель; тепловая мощность пожара; горизонтальная скорость распространения пламени; номинальная температура и время срабатывания спринклерного оросителя; допустимая температура пластиковой трубы; коэффициент тепловой инерционности оросителя.

Введение

Автоматические установки пожаротушения (АУП), в том числе спринклерные, представляют собой действенное средство борьбы с пожарами класса А на ранней стадии их развития [1]. Одной из современных тенденций является широкое применение пластиковых труб* в подводящих, питающих и распределительных трубопроводах спринклерных АУП, что способствует повышению технологичности монтажа и снижению стоимости последних. Однако до настоящего времени отсутствуют инженерные расчетные методы оценки возможности применения пластиковых труб в АУП, вследствие чего прихо-

дится использовать достаточно сложные и весьма затратные экспериментальные методы.

Суть проблемы

Несмотря на широкое внедрение пластиковых труб и их очевидные достоинства, они в отличие от традиционных, металлических, имеют существенный недостаток — относительно невысокую допустимую температуру T_d , которую они способны выдерживать без потери эксплуатационных качеств. Для спринклерных АУП это критично в ситуации, когда происходит отказ спринклерного оросителя над очагом пожара, а соседний спринклерный ороситель не срабатывает до тех пор, пока температура его термочувствительной колбы не достигнет номинального значения T_n . В течение этого времени пластиковая труба над очагом пожара бесконтроль-

* См., например: <http://www.polymer.ru>; <http://www.polibrass.ru>; <http://www.bona-plast.ru>.

но нагревается. Если при этом температура ее наиболее нагретого участка достигнет значения T_d , то прочностные характеристики могут ухудшиться настолько, что может произойти разрушение пластиковой трубы под действием избыточного давления находящегося в ней огнетушащего вещества, а это чревато отказом АУП в целом.

Исходя из возможности возникновения такой ситуации, необходимо определить такие условия, при которых в защищаемом помещении возможна установка спринклерной АУП с пластиковыми трубами без риска их разрушения высокотемпературными продуктами горения до срабатывания АУП.

Принцип оценки возможности использования пластиковых труб в спринклерных АУП с тепловой активацией

Для оценки возможности применения пластиковых труб в спринклерных АУП с тепловой активацией принимается условие, что до момента срабатывания АУП

$$T_d \geq T_r, \quad (1)$$

где T_r — температура продуктов горения над очагом пожара в месте расположения пластиковой трубы.

Предполагается наихудший случай, когда по какой-либо причине не срабатывает (отказывает) спринклерный ороситель, под которым начался пожар, а смежный спринклерный ороситель, находящийся от него на расстоянии L (рис. 1), не активируется, пока температура его термочувствительной колбы не достигнет номинального значения T_n . Тогда наряду с условием (1) могут использоваться аналогичные условия:

$$t_d \geq t_a; \quad (1a)$$

$$T_d > T_n, \quad (1б)$$

где t_d — допустимое время воздействия на пластиковую трубу высокотемпературных продуктов горения;

t_a — время активации соседнего оросителя.

Проверка выполнения условий (1) и (1a) проводится при следующих допущениях:

а) высота защищаемого помещения H ; спринклерные оросители установлены непосредственно под перекрытием; перекрытие защищаемого помещения горизонтальное;

б) пожарная нагрузка размещена в помещении равномерно; при возгорании с единицы площади пожара выделяется тепловой поток мощностью q ; пламя распространяется по ее горизонтальной поверхности со скоростью V (значения q и V могут быть приняты по справочной литературе [2–4]); до активации оросителя не происходит полного выгорания пожарной нагрузки на какой-либо части площади тушения S_T ;

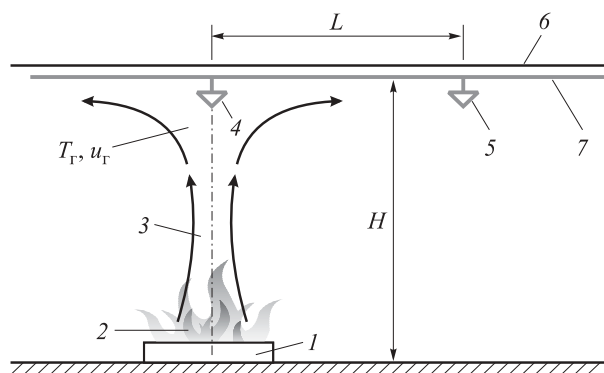


Рис. 1. Расчетная схема оценки возможности использования пластиковых труб: 1 — пожарная нагрузка; 2 — пламя; 3 — продукты горения; 4 — отказавший ороситель; 5 — активирующий ороситель; 6 — перекрытие; 7 — пластиковый трубопровод

в) площадь пожара S_n на начальной его стадии имеет круговую форму и оценивается по выражению

$$S_n = \pi (Vt)^2, \quad (2)$$

где t — время, отсчитываемое с момента начала пожара;

г) высота пламени h меньше высоты размещения пластиковых трубопроводов H (в рамках принимаемых допущений высота размещения пластиковых трубопроводов практически совпадает с высотой H):

$$h < H; \quad (3)$$

д) высота пламени h может оцениваться по эмпирическому выражению [5]:

$$h \approx 0,235Q^{0,4} - 2,04 (S_n/\pi)^{0,5}, \quad (4)$$

где Q — тепловая мощность очага пожара; $Q = qS_n$;

е) продукты горения распространяются под перекрытием свободно и концентрически в горизонтальных направлениях и не накапливаются в припотолочном слое; влияние бокового воздушного потока на конвективную колонку незначительно;

ж) температура продуктов горения T_r и скорость их распространения u_r в припотолочном слое (см. рис. 1) определяются эмпирическими соотношениями Альперта [6]:

$$T_r = T_0 + 16,9Q^{2/3}H^{-5/3} \min(1; 0,318(H/r)^{2/3}); \quad (5)$$

$$u_r = 0,96(Q/H)^{1/3} \min(1; 0,203(H/r)^{5/6}), \quad (6)$$

где r — расстояние от оси конвективной колонки до оросителя;

T_0 — температура в защищаемом помещении до пожара;

з) активация спринклерного оросителя происходит в момент времени t_a , когда температура его термочувствительной колбы T_k достигает максимального значения номинальной температуры срабатывания T_n [7];

и) температура колбы T_k незначительно отличается от температуры корпуса оросителя и может быть найдена из уравнения теплового баланса [8, 9]:

$$\frac{dT_k}{dt} = \frac{u_r^{0,5} (T_r - T_k)}{K}; \quad T_k(t=0) = T_0, \quad (7)$$

где K — коэффициент тепловой инерционности оросителя, $(\text{м} \cdot \text{с})^{0,5}$ [7, 9, 10];

к) тепловой инерционностью стенки трубы пренебрегаем (тепловая инерционность стенки трубы идет в запас по времени разрушения трубы, так как без учета инерционности время разрушения трубы наступает несколько раньше).

Проверка выполнения условий (1) и (3) осуществляется в следующем порядке.

1. Полагая $T_d = T_r$ и учитывая, что $Q = qS_n = q\pi(Vt)^2$ и $r = 0$, с использованием выражения (5) получаем формулу для определения времени t_d :

$$t_d = 0,0677 (T_d - T_0)^{0,75} H^{1,25} (q^{0,5} V)^{-1}. \quad (8)$$

2. Проводим проверку выполнения условия (1), для чего с учетом выражений (5) и (6) находим аналитическое решение [11] обыкновенного дифференциального уравнения 1-го порядка (7), из которого при $r = L$ определяем динамику температуры колбы оросителя:

$$T_k = T_0 + k_T [X + \exp(-X) - 1], \quad (9)$$

где $X = 0,75k_f t^{4/3}$;

$$k_f = \begin{cases} 0,534 (qV^2)^{1/6} H^{1/4} (KL^{5/12})^{-1} & \text{при } H \leq 6,775L; \\ 1,186 (qV^2/H)^{1/6} K^{-1} & \text{при } H > 6,775L; \end{cases}$$

$$k_T = \begin{cases} 28,76K (q^{0,5} V)^{5/6} (H^{1,25} L^{0,25})^{-1} & \text{при } H < 5,577L; \\ 90,42K (q^{0,5} V)^{5/6} H^{-23/12} L^{5/12} & \text{при } 5,577L \leq H < 6,775L; \\ 40,76K (q^{0,5} V)^{5/6} H^{-1,5} & \text{при } H \geq 6,775L. \end{cases}$$

Полагая $T_k = T_n$ и учитывая выражение (9), находим время активации оросителя t_a по уравнению

$$t_a = (1,333 X/k_f)^{0,75}. \quad (10)$$

Для этого либо численными методами, либо по графику, приведенному на рис. 2, находим параметр X . При $(T_n - T_0)/k_T > 4$ можно использовать упрощенное выражение для определения X :

$$X \approx 1 + (T_n - T_0)/k_T. \quad (11)$$

Если условие (1а) не выполняется, то не выполняется и условие (1). Это означает, что пластиковые трубы в такой АУП использовать нельзя: смежный спринклерный ороситель не успеет вскрыться до момента t_d , когда температура продуктов горения в месте расположения пластиковой трубы достигнет опасного для нее значения T_d .

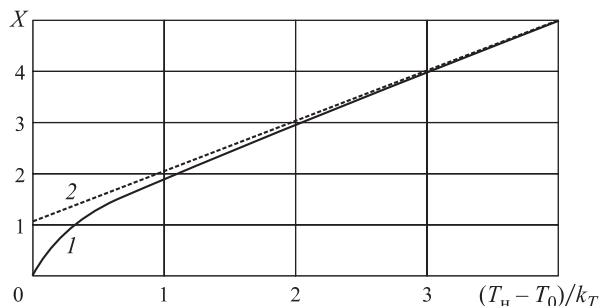


Рис. 2. График для интерполяционного определения времени активации спринклерного оросителя t_a при термическом разрушении колбы: 1 — по выражению (9); 2 — по выражению (11)

Если же выполняется условие (1а), то условие (1) также выполняется: смежный спринклерный ороситель успеет вскрыться до момента t_d , т. е. прежде чем температура продуктов горения в месте расположения пластиковой трубы достигнет опасного для нее значения T_d . После этого можно перейти к проверке выполнения условия (3).

3. Для проверки выполнения условия (3) находим высоту пламени h в месте нахождения пластиковой трубы на момент t_a , используя выражения (2) и (4):

$$h \approx 0,371 q^{0,4} (Vt_a)^{0,8} - 2,04 Vt_a. \quad (12)$$

Если неравенство (3) имеет место, то пластиковые трубы можно использовать в спринклерной АУП, защищающей помещение высотой H , в котором размещена пожарная нагрузка с параметрами q и V .

Пример расчета

Постановка задачи. Помещение, защищаемое спринклерной АУП с тепловой активацией оросителей, — выставочный зал (группа помещений 1 по СП 5.13130.2009 [12]), тепловая мощность пожара $q = 213 \text{ кВт/м}^2$, скорость распространения пламени по горизонтальной поверхности $V = 0,008 \text{ м/с}$, расстояние между оросителями $L = 4 \text{ м}$. Температура в помещении до пожара $T_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Для различных высот H выставочного зала требуется оценить возможность применения пластиковых труб, выдерживающих $T_d = 95 \text{ }^\circ\text{C}$, если в АУП используются спринклерные оросители с параметрами: максимальное значение номинальной температуры срабатывания $T_n = 60 \text{ }^\circ\text{C}$; коэффициент тепловой инерционности $K = 50 (\text{м} \cdot \text{с})^{0,5}$.

Решение. Для проверки выполнения условий (1) и (1а) с учетом исходных данных из выражения (8) находим:

$$t_d = \frac{0,0677 (95 - 20)^{0,75} H^{1,25}}{213^{0,5} \cdot 0,008} \approx 14,778 H^{1,25} \text{ с.}$$

Затем определяем время активации t_a смежного оросителя, для чего подобным образом опреде-

ляем коэффициенты уравнения (9) для условия $H < 5,576 \cdot 4 \approx 22,3$ м:

$$k_T = 28,76 \cdot 50 (213 \cdot 0,64 \cdot 10^{-4})^{5/6} (H^{1,25} 4^{0,25})^{-1} \approx 118,72 H^{-1,25};$$

$$k_f = 0,534 (213 \cdot 0,64 \cdot 10^{-4})^{1/6} H^{1/4} (50 \cdot 4^{5/12})^{-1} \approx 2,932 H^{0,25}.$$

Используя полученные коэффициенты, график на рис. 2 или выражение (11), определяем величину X из трансцендентного уравнения (9):

$$60 = 20 + 118,72 H^{-1,25} [X + \exp(-X) - 1].$$

Далее по величине X находим искомое время активации t_a смежного оросителя, используя выражение (10). Результаты расчетов для различных значений H сводим в таблицу.

Проверим выполнение условия (3), для чего по выражению (12) оценим высоту пламени h на момент t_a :

$$h \approx 6,664 \cdot 10^{-2} t_a^{0,8} - 1,632 \cdot 10^{-2} t_a.$$

Поскольку условие (3) выполняется во всем диапазоне высот H , то пластиковые трубы в спринклерной АУП для защиты такого выставочного зала применять можно при условии, что его высота H будет не менее 11 м.

Выводы

Представленный алгоритм расчета температуры продуктов горения в месте расположения пласти-

Результаты расчетов для оценки возможности использования пластиковых труб в АУП с тепловой активацией оросителей в выставочном зале

H , м	t_d , с	k_f	k_T	X	t_a , с	$S_n(t_a)$, м ²	h , м	Вывод
16	473	5,86	3,71	11,78	372	27,9	1,52	Пластиковые трубы в АУП использовать можно: $t_a < t_d$
15	436	5,77	4,02	10,94	357	25,6	1,52	
14	400	5,67	4,38	10,13	341	23,4	1,51	
13	365	5,57	4,81	9,32	325	21,2	1,51	
12	330	5,46	5,32	8,53	308	19,1	1,50	
11	296	5,34	5,93	7,75	292	17,1	1,49	
10	263	5,21	6,68	6,99	275	15,2	1,47	Пластиковые трубы в АУП использовать нельзя: $t_a > t_d$
9	230	5,08	7,62	6,25	258	13,4	1,45	
8	199	4,93	8,82	5,53	240	11,6	1,43	
7	168	4,77	10,43	4,83	223	10,0	1,40	
6	139	4,59	12,64	4,15	205	8,4	1,37	
5	110	4,38	15,88	3,49	186	7,0	1,32	
4	84	4,15	20,99	2,85	166	5,6	1,27	
3	58	3,86	30,07	2,22	146	4,3	1,21	

ковой трубы на момент активации спринклерного оросителя позволяет оценить возможность использования пластиковых труб в спринклерных АУП с тепловой активацией оросителей. Данный материал может быть положен в основу справочного приложения к СП 5.13.130.2009 [12].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мешман Л. М., Былинкин В. А., Губин Р. Ю., Романова Е. Ю. Автоматические водяные и пенные установки пожаротушения. Проектирование : учебно-методическое пособие. — М. : ВНИИПО, 2009. — 572 с.
2. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов. — М. : ВНИИПО, 2012. — 242 с.
3. Кошмаров Ю. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении : учебное пособие. — М. : Академия ГПС МВД России, 2000. — 118 с.
4. Повзик Я. С. Справочник РТП. — М. : ЗАО “Спецтехника”, 2001. — 361 с.
5. Heskestad G. Fire plumes, flame height, and air entrainment / SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. — 3rd ed. — Quincy MA : NFPA, 2002. — P. 2-1–2-17.
6. Alpert R. L. Ceiling jet flows / SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. — 3rd ed. — Quincy MA : NFPA, 2002. — P. 2-18–2-31.
7. ГОСТ Р 51043–2002. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний : постановление Госстандарта России от 25.07.2002 г. № 287-ст. — Введ. 01.07.2003 г. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 2002.
8. Heskestad G., Bill R. G., Jr. Quantification of thermal responsiveness of automatic sprinklers including conduction effects // Fire Safety Journal. — 1988. — Vol. 14, No. 1–2. — P. 113–125.
9. Fleming R. P. Automatic sprinkler system calculations / SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. — 3rd ed. — Quincy MA : NFPA, 2002. — P. 4-72–4-87.
10. Мешман Л. М., Цариченко С. Г., Былинкин В. А., Алешин В. В., Губин Р. Ю. Оросители водяных и пенных автоматических установок пожаротушения : учебно-методическое пособие. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2002. — 314 с.

11. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. — Изд. 6-е, стер. — СПб. : Изд-во “Лань”, 2003. — 576 с.
12. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования : приказ МЧС России от 25.03.2009 г. № 175; введ. 01.05.2009 г. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.

Материал поступил в редакцию 2 июня 2014 г.

English

ON THE POSSIBILITY OF THE USE OF PLASTIC PIPES SPRINKLER AUTOMATIC FIRE EXTINGUISHING INSTALLATIONS

MESHMAN L. M., Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia (VNIPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation)

SNEGIRYEV A. Yu., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Saint-Petersburg State Polytechnic University (Politeknicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russian Federation)

TANKLEVSKIY L. T., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Fire Safety Department of Saint-Petersburg State Polytechnic University (Politeknicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russian Federation)

TARANTSEV A. A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (Moskovskiy Avenue, 149, Saint-Petersburg, 196105, Russian Federation); Head of Laboratory of Institute of Transport Problems named after N. S. Solomenco, Russian Academy of Sciences (Russia, 199178, Saint-Petersburg, 12 Liniya V. O., 13; e-mail address: t_54@mail.ru)

ABSTRACT

In view of the widespread use of plastic pipe with a number of operational advantages, consider the possibility of their use in automated installations of water or foam fire extinguishing. Given that the plastic tubes, unlike metal, are more sensitive to high temperatures in case of fire, the model thermal conditions at the locations of such pipes. The model takes into account the critical case where denies sprinkler closest to the fire, and deploy one or more adjacent sprinklers. We derive the conditions for the applicability of plastic pipes that take into account the height of the space to be protected, the properties of fire load and the permissible temperature for the plastic pipe. Presented an algorithm for estimating the applicability of plastic pipe to protect the particular room sprinkler automatic installation of fire extinguishing and an example.

Keywords: plastic pipe; sprinkler automatic fire-extinguishing systems; sprinkler; fire; thermal power horizontal flame spread rate; nominal temperature and response time of sprinkler water; plastic pipe; temperature coefficient of thermal inertia of the fill.

REFERENCES

1. Meshman L. M., Bylinkin V. A., Gubin R. Yu., Romanova E. Yu. *Avtomaticheskiye vodyanyye i pennyye ustanovki pozharotusheniya* [Automatic water and foam fire extinguishing. Design. Educational-methodical aid]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 2009. 572 p.
2. *Manual to determine the current values of fire risk for production facilities*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 2012. 242 p. (in Russian).
3. Koshmarov Yu. A. *Prognozirovaniye opasnykh faktorov pozhara v pomechshenii. Uchebnoye posobiye* [Forecasting hazardous factors of fire in the premises. Tutorial]. Moscow, Academy of Russian Ministry of Internal Affairs, 2000. 118 p.
4. Povzik Ya. S. *Spravochnik RTP* [Directory of RTP]. Moscow, Joint-Stock Company “Special Equipment” Publ., 2001. 361 p.
5. Heskestad G. *Fire plumes, flame height, and air entrainment. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. 3rd ed. Quincy MA, NFPA, 2002, pp. 2-1–2-17.

6. Alpert R. L. *Ceiling jet flows*. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. 3rd ed. Quincy MA, NFPA, 2002, pp. 2-18–2-31.
7. *State Standard 51043–2002. Water and foam fire extinguishing installation automatic. Sprinklers. General technical requirements. Test methods*. Moscow, Izdatelstvo standartov, 2002 (in Russian).
8. Heskestad G., Bill R. G., Jr. Quantification of thermal responsiveness of automatic sprinklers including conduction effects. *Fire Safety Journal*, 1988, vol. 14, no. 1–2, pp. 113–125.
9. Fleming R. P. *Automatic sprinkler system calculations*. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. 3rd ed. Quincy MA, NFPA, 2002, pp. 4-72–4-87.
10. Meshman L. M., Tsarichenko S. G., Bylinkin V. A., Aleshin V. V., Gubin R. Yu. *Orositeli vodyanykh i pennykh avtomaticheskikh ustanovok pozharotusheniya. Uchebno-metodicheskoye posobiye* [Sprinklers water and foam automatic fire extinguishing. Educational-methodical aid]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 2002. 314 p.
11. Kamke E. *Spravochnik po obyknovennym differentsialnym uravneniyam* [Handbook of ordinary differential equations. 6th ed.]. Saint Petersburg, Publishing House “Lan”, 2003. 576 p.
12. *Set of Rules 5.13130.2009. Systems of fire protection. Automatic fire-extinguishing and alarm systems. Designing and regulations rules*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 2009 (in Russian).

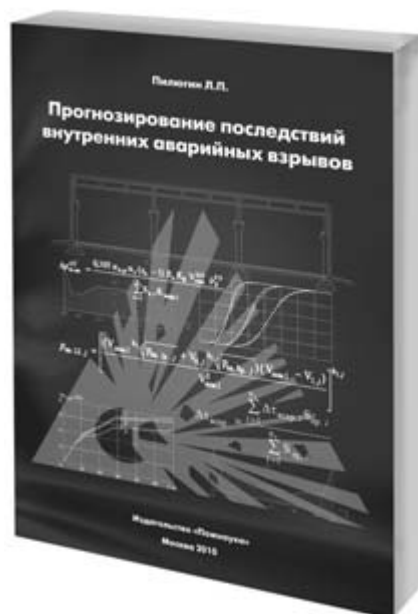


Издательство «ПОЖНАУКА»

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

А. В. КОКШАРОВ, канд. хим. наук, начальник научно-исследовательского отделения Уральского института ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: Koksharovab@e1.ru)

В. Ф. МАРКОВ, д-р хим. наук, профессор, заведующий кафедрой физической и коллоидной химии Уральского федерального университета им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19)

Д. Ю. БУЧЕЛЬНИКОВ, канд. пед. наук, начальник учебно-научного комплекса организации пожаротушения Уральского института ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22)

В. В. ТЕРЕНТЬЕВ, канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры пожарной техники Уральского института ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22)

УДК 614.842.615

СТАБИЛИЗАЦИЯ ПЕНЫ НИЗКОЙ КРАТНОСТИ НАТРИЕВОЙ СОЛЮ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Исследовано влияние натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (Na КМЦ) на синерезис и термическую устойчивость пены. Установлено, что концентрация добавки Na КМЦ от 0,25 до 2 % масс. в пенообразующем растворе в несколько раз снижает скорость истечения жидкости. Показано, что сорбирующая способность добавки позволяет связывать жидкость в пене, предотвращая ее вытекание после длительной выдержки. Пены с добавкой Na КМЦ в исследуемом концентрационном диапазоне показывают также более высокую термическую устойчивость.

Ключевые слова: пена; пожаротушение; стабильность пены; карбоксиметилцеллюлоза; кратность пены.

Введение

Огнетушащая способность пены зависит от того, как долго она способна сохранять изолирующие свойства под воздействием ряда разрушающих факторов [1]. С момента образования пены начинаются процессы, приводящие к ее разрушению. В результате синерезиса, испарения жидкости происходит утончение межфазных пленок, что приводит к потере ими устойчивости к термическим и механическим воздействиям. Наиболее толстую жидкостную оболочку имеют пены низкой кратности, однако характерная для них высокая скорость истечения жидкости быстро снижает их устойчивость после образования. Одним из способов сохранения жидкости в пене является повышение вязкости раствора за счет введения специальных загустителей [2]. Использование глицерина или этиленгликоля в качестве загустителя позволяет замедлить синерезис, однако действие этих веществ будет эффективно при концентрации не менее 10–15 % масс. [3, 4].

Наибольший интерес с этой точки зрения представляют производные целлюлозы, поскольку они способны значительно повышать вязкость раствора даже при небольшом содержании благодаря высокой сорбирующей способности и построению молекулярной сетчатой структуры за счет образования межмолекулярных связей [5]. Производные целлюлозы широко используются для стабилизации пены

в пищевой, парфюмерной и керамической промышленности [6–8].

Использование производных целлюлозы, в частности натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (Na КМЦ), в качестве добавки к пенообразователю для пожаротушения отмечается только в двух работах [9, 10]. По их данным содержание этих веществ в пенообразователе составляет от 2 до 5 % масс. В результате содержание Na КМЦ в рабочем растворе для получения пены будет составлять менее 1 % масс., что недостаточно для значительного увеличения вязкости раствора и стабильности пены.

В настоящее время значительное распространение в пожарной практике получает компрессионная пена низкой кратности, которая обладает рядом положительных свойств. Кратность данной пены составляет, как правило, от 5 до 20 [11]. Повышение стабильности низкократной пены позволяет значительно повысить тактические возможности при тушении пожара.

Среди загустителей для стабилизации низкократных пен в пожаротушении особый интерес представляет Na КМЦ благодаря ее низкой стоимости и экологической безопасности. Ранее добавка Na КМЦ уже использовалась нами для стабилизации газонаполненной пены, действие которой способствовало снижению диффузии диоксида углерода [12].

Целью настоящей работы явилось изучение влияния Na КМЦ на устойчивость пен к процессу обезвоживания и их термическую устойчивость.

Результаты и их обсуждение

Известно, что основной проблемой изучения обезвоживания является необходимость получения пены одинаковой дисперсности и кратности. Для приготовления пены в работе использовалось механическое перемешивающее устройство, изготовленное из сетки с ячейками 1,5 мм. Пену взбивали до кратности K_n 5, 10 и 20, а затем переносили в градуированный цилиндр вместимостью 350 мл для определения объема выделившейся жидкости. Для получения пены использовался пенообразователь общего назначения ПО-6РЗ, наиболее распространенный в пожарных подразделениях, а также Na КМЦ 70/300 (ТУ 2231-037-26289127–2001).

Термическая устойчивость пены изучалась при действии теплового потока от пламени газовой горелки на слой пены кратностью 20. Пену наполняли цилиндр, изготовленный из металлической сетки, давали небольшую выдержку, приводили в соприкосновение с пламенем, имеющим температуру 1200 °С, и замеряли время полного разрушения пены.

В результате исследований были получены кинетические кривые (рис. 1), дифференцирование которых позволило установить скорость истечения жидкости в различные промежутки времени τ (рис. 2). Было установлено, что синерезис происходит в три этапа: вначале наблюдается увеличение скорости истечения (период I), затем скорость остается практически постоянной (период II), после чего за счет обеднения жидкостью скорость снижается (период III). В конце третьего периода наблюдается минимальная скорость истечения, однако полного прекращения синерезиса не происходит.

Обработка экспериментальных зависимостей показала, что увеличение содержания Na КМЦ в пенообразующем растворе с 0,25 до 2,0 % масс. существ-

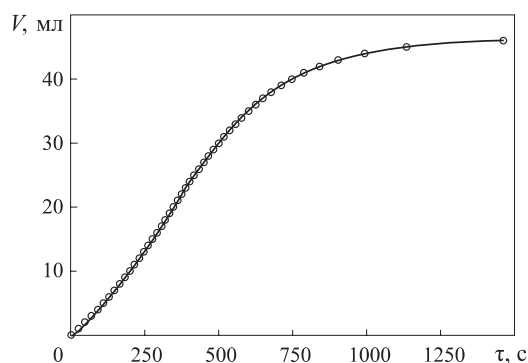


Рис. 1. Кинетическая кривая истечения жидкости из пены с добавкой 0,5 % масс. Na КМЦ: V — объем выделившейся жидкости

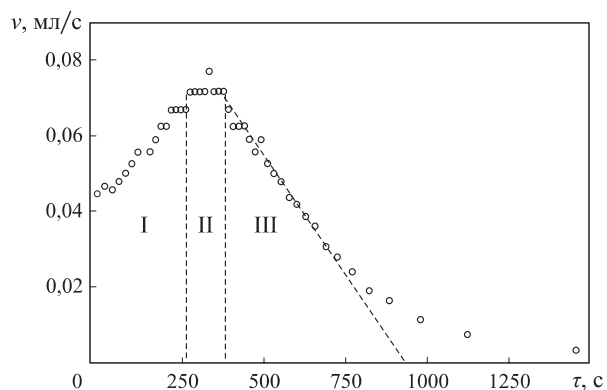


Рис. 2. Скорость истечения v жидкости из пены с добавкой 0,5 % масс. Na КМЦ во времени τ

венно снижает скорость истечения жидкости в период II и увеличивает продолжительность всех периодов синерезиса (табл. 1).

Интересным является то, что Na КМЦ позволяет удерживать в пленках продолжительное время значительное количество раствора с сохранением устойчивой структуры пены. Это происходит за счет того, что сольватированные молекулы Na КМЦ способны взаимодействовать с адсорбированными слоями и удерживаться на них. Нами было показано, что с увеличением количества добавки в пенообразующем растворе снижается средняя кратность пены после длительной выдержки (рис. 3).

Количество сорбированных молекул Na КМЦ на межфазных поверхностях зависит от кратности в начальный момент времени $K_{п0}$. Как показано на рис. 3, кратность пены после длительной выдержки ниже для пен с меньшей кратностью в начальный момент времени.

Для пен кратностью 5, 10 и 20 после удаления влаги из пены гравиметрическим методом с погрешностью от 4 до 9 % установлено, что содержание Na КМЦ после длительной выдержки больше для пены, имеющей более низкую кратность в начальный момент времени.

Таблица 1. Скорость истечения жидкости в период II и длительность периодов истечения жидкости из пен в зависимости от содержания Na КМЦ

Содержание Na КМЦ, % масс.	v , мл/с	Длительность периодов истечения жидкости из пены, с			
		I	II	III	общая
0	0,105	180	120	440	740
0,25	0,083	240	120	480	840
0,50	0,071	280	120	520	920
0,75	0,059	280	120	640	1040
1,00	0,053	320	120	700	1140
1,50	0,033	320	240	760	1320
2,00	0,025	440	240	960	1640

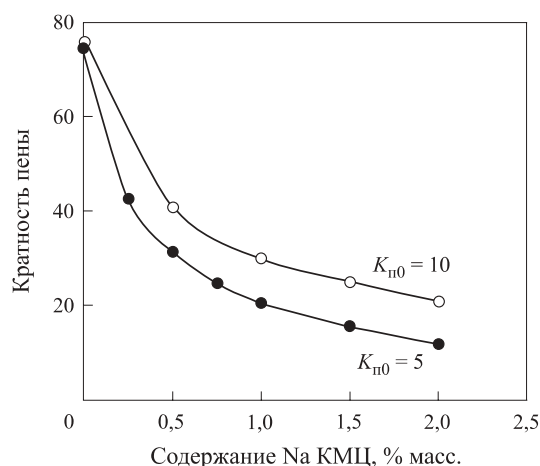


Рис. 3. Изменение средней кратности пены после длительной выдержки в зависимости от содержания Na КМЦ в пенообразующем растворе

Таблица 2. Время разрушения пены в зависимости от времени термического воздействия и содержания добавки Na КМЦ

Концентрация Na КМЦ, % масс.	Время выдержки пены, с	Время разрушения пены, с	Средняя скорость разрушения пены, л/(м ² ·с)
0	60	125	1,06
0	300	80	1,67
0	600	50	2,67
0,5	60	195	0,62
0,5	300	150	0,89
0,5	600	125	1,06
1,0	60	280	0,48
1,0	300	235	0,57
1,0	600	225	0,59

С течением времени пена теряет термическую устойчивость в результате обеднения жидкостью. Для оценки термической устойчивости мы определяли время полного разрушения слоя пены после выдержки 1, 5 и 10 мин с момента ее образования.

Действительно, несмотря на то что объем пены сохранялся с течением времени, термическая устойчивость заметно снижалась. Пена, содержащая добавку Na КМЦ, показала более высокую термостойкость и способность сохранять ее длительное время (табл. 2).

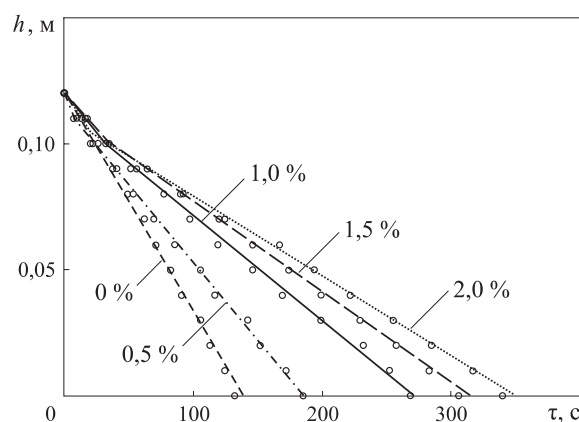


Рис. 4. Изменение высоты столба пены h во времени τ при термическом воздействии на нее пламени газовой горелки в зависимости от количества добавки Na КМЦ (% масс.) (числа у кривых)

Повышение термической устойчивости пен с добавкой Na КМЦ можно объяснить тем, что при соприкосновении пламени с поверхностью пены происходит разрушение воздушных пузырьков и высвобождение жидкости, которая скапливается в верхних слоях и из-за повышенной вязкости не может быстро стечь по пенным каналам, образуя слой в несколько миллиметров, предохраняющий пену от разрушения. Кроме того, фаза Na КМЦ при термическом воздействии на пену способна спекаться с образованием защитной механически прочной пленки [13]. Наличие точки перегиба на кривых изменения высоты столба пены при термическом воздействии (рис. 4) объясняется появлением указанных выше защитных факторов.

В результате исследований было установлено, что натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы влияет на скорость и характер истечения жидкости из пены. Введение добавки в количестве 2 % масс. позволяет в 4 раза снизить скорость истечения жидкости из пены и в 5 раз увеличить ее содержание после длительной выдержки. Показано, что Na КМЦ в несколько раз повышает термическую устойчивость пены и способствует ее сохранению. Использование исследованной добавки представляет значительную перспективу для улучшения огнетушащих свойств компрессионной пены и повышения тактических возможностей пожарной техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артемьев Н. С., Подгрушный А. В., Опарин Д. Е. Коэффициент разрушения воздушно-механической пены средней кратности при тушении жидкости в резервуаре // Пожаровзрывобезопасность. — 2007. — Т. 16, № 1. — С. 82–83.
2. Вилкова Н. Г., Еланёва С. И., Волкова Н. В. Течение растворов ПАВ через пену: теория и эксперимент // Известия ПГПУ им. В. Г. Белинского. Естественные науки. — 2012. — № 29. — С. 348–351.
3. Лысаков В. Н., Седунов С. Г., Тараскин К. А., Ступникова М. П. Методы получения и исследования свойств пенных составов, перспективных для создания звукоизоляционных покрытий // Молекулярные технологии. — 2008. — № 2. — С. 61–79.

4. Пат. 2345809 Российская Федерация. МПК A62D 1/02 (2006.01). Пенообразующий состав для тушения пожаров / Лекомцева Н. Б., Бачерикова А. К., Березин Н. В. — № 2007121923/15; заявл. 14.06.2007 г.; опубл. 10.02.2009 г., Бюл. № 4.
5. *Martin A. Hubbe, Ali A. Ayour, Jesse S. Daystar, Richard A. Venditti, Joel J. Pawlak.* Enhanced absorbent products incorporating cellulose and its derivatives: Review // *BioResources*. — 2013. — Vol. 8, No. 4. — P. 6556–6629.
6. *Murray B. S.* Stabilization of bubbles and foams // *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. — 2007. — No. 12. — P. 232–241.
7. *Murray B. S., Durga K., De Groot P. W. N., Kakoulli A., Stoyanov S. D.* Preparation and characterization of the foam-stabilizing properties of cellulose-ethyl cellulose complexes for use in foods // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. — 2011. — Vol. 59, No. 24. — P. 13277–13288.
8. *Juanli Yu, Jinlong Yang, Qingchuan Zeng, Yong Huang.* Effect of carboxymethyl cellulose addition on the properties of Si₃N₄ ceramic foams // *Ceramics International*. — 2013. — Vol. 39. — P. 2775–2779.
9. Пат. 2213717 Российская Федерация. МПК C04B 38/10. Пенообразователь / Иваницкий В. В., Бортников А. В., Гудков Ю. В., Сапелин Н. А., Бурьянов А. Ф. — № 2001129058/03; заявл. 26.10.2001 г.; опубл. 10.10.2003 г.
10. Пат. 2111778. Российская Федерация. МПК A62C 3/06. Способ предупреждения пожара разлитой нефти и гелеобразующая композиция / Дегтярев В. Н., Перунов В. П., Халтурин В. Н. — № 97106615/12; заявл. 22.04.1997 г.; опубл. 27.05.1998 г.
11. *Чайковский Е. В.* Огонь и “Натиск” // *Пожарная безопасность в строительстве*. — 2006. — № 2. — С. 20–22.
12. *Кокишаров А. В., Филиппов А. В.* Способ получения пены в первичных средствах пожаротушения // *Техносферная безопасность*. — 2013. — № 1. — С. 26–29. URL : <http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal> (дата обращения: 25.03.2014 г.).
13. *Demitri C., Giuri A., Raucci M. G., Giugliano D., Madaghiele M., Sannino A., Ambrosio L.* Preparation and characterization of cellulose-based foams via microwave curing // *Interface Focus*. — 2014. — Vol. 4. — No. 1, art. 20130053.

Материал поступил в редакцию 3 апреля 2014 г.

English

STABILIZATION OF HIGH DENSITY FOAMS SODIUM SALT OF CARBOXYMETHYLCELLULOSE

KOKSHAROV A. V., Candidate of Chemistry Sciences, Head of Research Branch, Ural Institute of State Fire Service of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: Koksharovab@e1.ru)

MARKOV V. F., Doctor of Chemistry Sciences, Professor, Head of Department of Physical and Colloid Chemistry, Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin (Mira St., 19, Yekaterinburg, 620002, Russian Federation)

BUCHELNIKOV D. Yu., Candidate of Pedagogical Sciences, Head of Educational and Scientific Complex of Organization of Firefighting, Ural Institute of State Fire Service of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation)

TERENTYEV V. V., Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Associate Professor of Firefighting Equipment Department, Ural Institute of State Fire Service of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation)

ABSTRACT

Foam firefighting capacity depends on both its resistance to some destroying factors and preserving its insulating property. Nowadays increasing of firefighting equipment using low-expansion foam is observed. The main feature of such foam is a high rate of flow that results in its loss of capacity to resist to thermal and mechanical action.

Our investigation considers the influence of 0.25–2.0 mass. % sodium carboxymethyl cellulose salt (Na CMC) on syneresis and foam thermal stability.

The presence of Na CMC in a solution significantly reduces the rate of flow. It should be mentioned that Na CMC can react with the adsorbed layers and due to solvation it keeps a large amount of the so-

lution in the films saving stable foam structure for a long time.

The thermal effect on foam containing Na CMC leads to the protective film formation and prevents it from degradation.

Keywords: foam; fire extinguishing; foam stability; carboxymethylcellulose (CMC); density foam.

REFERENCES

1. Artemyev N. S., Podgrushnyy A. V., Oparin D. Ye. Koeffitsient razrusheniya vozdušno-mekhanicheskoy peny sredney kratnosti pri tushenii zhidkosti v rezervuare [The destruction factor mechanical foam extinguishing medium ratio of liquid in the tank]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2007, vol. 16, no. 1, pp. 82–83.
2. Vilkova N. G., Yelaneva S. I., Volkova N. V. Tcheniye rastvorov PAV cherez penu: teoriya i eksperiment [Flow surfactant solutions through the foam. Theory and experiment]. *Izvestiya PGPU im. V. G. Belinskogo. Yestestvennyye nauki — Izvestia Penzenskogo Gosudarstvennogo Pedagogicheskogo Universiteta imeni V. G. Belinskogo. Natural Sciences*, 2012, no. 29, pp. 348–351.
3. Lysakov V. N., Sedunov S. G., Taraskin K. A., Stupnikova M. P. Metody polucheniya i issledovaniya svoystv pennykh sostavov, perspektivnykh dlya sozdaniya zvukoizolyatsionnykh pokrytiy [Preparation and properties analysis of foam structures, promising for sound-proof coverings development]. *Molekulyarnyye tekhnologii — Molecular Technologies*, 2008, no. 2, pp. 61–79.
4. Lekomtseva N. B., Bacherikova A. K., Berezin N. V. *Penoobrazuyushchiy sostav dlya tusheniya pozharov* [Fire extinguishing foam compound]. Patent RF, no. 2345809, 10.02.2009.
5. Martin A. Hubbe, Ali A. Ayour, Jesse S. Daystar, Richard A. Venditti, Joel J. Pawlak. Enhanced absorbent products incorporating cellulose and its derivatives: A Review. *BioResources*, vol. 4, no. 8, pp. 6556–6629.
6. Murray B. S. Stabilization of bubbles and foams. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 2007, no. 12, pp. 232–241.
7. Murray B. S., Durga K., De Groot P. W. N., Kakoulli A., Stoyanov S. D. Preparation and characterization of the foam-stabilizing properties of cellulose-ethyl cellulose complexes for use in foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, vol. 59, no. 24, pp. 13277–13288.
8. Juanli Yu, Jinlong Yang, Qingchuan Zeng, Yong Huang. Effect of carboxymethyl cellulose addition on the properties of Si₃N₄ ceramic foams. *Ceramics International*, 2013, vol. 39, pp. 2775–2779.
9. Ivanitskiy V. V., Bortnikov A. V., Gudkov Yu. V., Sapelin N. A., Buryanov A. F. *Penoobrazovatel* [Foamer]. Patent RF, no. 2213717, 10.10.2003.
10. Degtyarev V. N., Perunov V. P., Khalturin V. N. *Sposob preduprezhdeniya pozhara razlitoi nefi i geleobrazuyushchaya kompozitsiya* [A method of preventing fire and spilled oil and gelling composition]. Patent RF, no. 2111778, 27.05.1998.
11. Chaykovskiy Ye. V. Ogon i “Natisk” [Fire and “Natisk”]. *Pozharnaya bezopasnost v stroitelstve — Fire Safety in Construction*, 2006, no. 2, pp. 20–22.
12. Koksharov A. V., Filippov A. V. Sposob polucheniya peny v pervichnykh sredstvakh pozharotusheniya [Generation of foam in a primary means of fire extinguishing]. *Tekhnosfernaya bezopasnost — Technosphere Safety*, 2013, no. 1, pp. 26–29. Available at: <http://www.uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal> (Accessed 25 March 2014).
13. Demitri C., Giuri A., Raucci M. G., Giugliano D., Madaghiele M., Sannino A., Ambrosio L. Preparation and characterization of cellulose-based foams via microwave curing. *Interface Focus*, 2014, vol. 4, no. 1, art. 20130053.

О некоторых положениях статьи АБДУРАГИМОВА И. М. и КУПРИНА Г. Н. "НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ (СУГ И СПГ) КАК ОБОРОТНАЯ СТОРОНА УСПЕХОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ"

Здравствуйте, уважаемая редакция.

К Вам обращается один из Ваших постоянных читателей, специалист, который уже более 35 лет занимается вопросами разработки оборудования и автоматизации различных сложных процессов. Из них последние 15 лет работаю в области автоматической противопожарной защиты крупных, потенциально опасных промышленных предприятий. В настоящее время мне поручено возглавлять техническую службу отечественного предприятия — производителя противопожарного оборудования. За прошедшее время при моем непосредственном участии и под техническим руководством противопожарными системами оснащены морская ледостойкая стационарная платформа "Приразломная", Богучанская, Бурейская, Воткинская, Саяно-Шушенская и Колымская ГЭС, ряд крупных предприятий ТЭК и другие промышленные и гражданские объекты. Более 5 лет представляю предприятие в составе Технического комитета по стандартизации ТК 274 "Пожарная безопасность".

Естественно, что выполняемая работа требует постоянно следить за научно-техническими новинками и нормативно-правовыми тенденциями в области обеспечения пожарной безопасности. Поэтому внимательно читаю практически все серьезные профессиональные издания, в том числе и Ваш журнал. Пристально, например, всегда изучаю злободневные статьи д-ра техн. наук, проф. Е. А. Мешалкина. С интересом также ознакомился в № 7 за 2013 г. со статьей Б. Ж. Битуева "Проблемы противопожарной защиты резервуаров с новыми евротопливами". Должен выразить Вашему журналу искреннюю признательность за актуальность и качество большинства публикаций.

Однако написать Вам настоящее письмо побудили серьезные сомнения в корректности материала, изложенного в № 4 за 2014 г. в статье д-ра техн. наук, проф. И. М. Абдурагимов и канд. техн. наук Г. Н. Куприна "Нерешенные проблемы пожаровзрывобезопасности энергоресурсов (СУГ и СПГ) как оборотная сторона успехов энергетической стратегии Российской Федерации". Замечу, что эта статья является одной из целой серии статей, близких по содержанию и опубликованных указанными

авторами сразу в нескольких журналах. Часть этих журналов являются коммерческо-рекламными, поэтому в отношении научной обоснованности публикуемых в них материалов с них "и взятки гладки". Но поскольку Ваш журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, признанных в том числе и ВАК России, то от публикуемых в Вашем журнале статей хотелось бы абсолютно корректного отношения к содержанию и обоснованности предлагаемого материала.

Решиться на такое письмо было непросто, так как мне посчастливилось быть лично знакомым с одним из авторов — Геннадием Николаевичем Куприным. Считаю его одним из наиболее авторитетных специалистов в области пожарной безопасности. Более того, мне неоднократно в разных уголках страны с удовлетворением доводилось сотрудничать с его учениками, но, как говорится, "Платон мне друг, а истина дороже".

Одна из главных претензий к указанной статье состоит в том, что обозначенное еще в самом названии статьи "нагнетание страхов" в значительной степени построено на случайных (или преднамеренных) неточностях, передергивании фактов и даже "подтасовке" данных. Начнем с простого. В статье недопустимо много вроде бы незначительных (и на первый взгляд простительных) неточностей.

Приведем примеры. Общеизвестная аббревиатура ТЭК (топливно-энергетический комплекс) авторами расшифрована как технико-энергетический комплекс. На водных акваториях, вопреки заявлению авторов, нет насосно-компрессорных станций и сливноналивных эстакад для СУГ и СПГ. Построенные на ОАО (а не ФГУП) "Адмиралтейские верфи" танкеры дедвейтом 70 тыс. т (полагаю, что речь идет о танкерах "Кирилл Лавров" и "Михаил Ульянов"; каких-либо других подобного рода кораблей на этой верфи за последнее время не строилось) предназначены исключительно для перевозки нефти, и уж точно не для СПГ, поэтому отправить "на экспорт десятки млн. м³ СПГ" они никак не могли. И еще цитата, вызывающая сомнения: "...крупномасштабные и многотоннажные работы и перевозки (и по суше, и по морю) ведутся полным ходом...". Мне неизвестны такие крупнотоннажные, сравнимые с морскими, перевозки СПГ по суше.

Далее более существенные примеры некорректного обращения с данными. Для обоснования остроты проблемы и ее высокой потенциальной опасности для нашей страны приводятся весьма впечатляющие данные по объемам перевозок СПГ, единичной вместимости и общему количеству танкеров, но все это мировой грузооборот. Проблема действительно есть, но она заключается в том, что в этом объеме перевозок СПГ доля нашей страны пока крайне мала (это отмечают и сами авторы).

Конечно же, развивая технологию производства и транспортировки СПГ, необходимо думать и о безопасности, но авторы почему-то утверждают, что “исследования в этой сложнейшей области обеспечения ПВБ еще даже не начинались”. А как же диссертация Ю. И. Дешевых? А книга И. В. Бармина и И. Д. Куниса (под редакцией д-ра техн. наук, проф. А. М. Арханова) “Сжиженный природный газ, вчера, сегодня, завтра” (М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009)? А зарубежный опыт и зарубежные (международные) стандарты? В связи с этим полагаю, что относительно объектов с обращением СПГ говорить об отсутствии какой-либо исходной концепции обеспечения их взрывопожарной безопасности неправильно. И неважно, что это пока не оформлено специальным документом.

Естественно, хотелось бы более активных исследований. Но и в этом отношении авторы рассматриваемой статьи признают, что ОАО “Газпром” в лице ООО “Газпром газобезопасность” готовит “первые в мировой практике крупномасштабные испытания”, причем совместно с зарубежными партнерами. И сейчас для проведения такой работы, по моему мнению, самое время. Прежде наша газовая промышленность самостоятельно таких объектов не строила, а проводить дорогостоящие исследования на неопределенную перспективу “так, на всякий случай”, конечно, было бы можно (при наличии лишних ресурсов), но вряд ли разумно. Да и технологии в пожарном, как и в любом другом, деле не стоят на месте. Так что организуется сейчас все весьма своевременно: как говорится, “дорого яичко к Христову дню”.

По этой же причине полагаю, что не следует считать обоснованными претензии авторов статьи к разработанной около 5 лет назад ООО “Газобезопасность” (теперь ООО “Газпром газобезопасность”) “Концепции противопожарной защиты объектов ОАО “Газпром”. Задачей Концепции (базового документа), как указано в самом ее тексте, является определение единой технической политики в решении вопросов противопожарной защиты и внедрение новой техники, поэтому неправильно рассматривать Концепцию как нормативный документ.

Конечно, и у меня есть свои претензии к данной Концепции, особенно теперь, после 5-летнего опыта ее применения, но эти претензии совсем другого плана. Да и задач, связанных с технологиями производства СПГ, в ОАО “Газпром” в период создания Концепции не было, поэтому эти вопросы, естественно, не рассматривались. А теперь, когда такие задачи появились, наступило время для внесения соответствующих дополнений и исправлений, тем более что такое совершенствование Концепции “через 5 лет после выхода данного документа” было с самого начала предусмотрительно запланировано авторами в специальной 7-й главе этого документа. А обозначенные выше крупномасштабные испытания с СПГ как раз необходимы, в том числе для проверки предполагаемых корректировок Концепции.

Далее, не хотелось бы сейчас входить в глубокую полемику с авторами статьи по поводу аналогии свойств СУГ и СПГ, сценариев развития аварий с СУГ и СПГ, корректности предложенного одинакового подхода к противопожарной защите объектов с обращением СУГ и СПГ. Для специалистов эти различия очевидны, и даже простого внимательного сравнительного ознакомления с физико-химическими свойствами СУГ и СПГ достаточно для того, чтобы убедиться, что это “две большие разницы”. И распространять пусть даже весьма успешные (в определенных условиях) пленные испытания с пропан-бутановой смесью (СУГ) на аварии со сжиженным метаном (СПГ) неправомерно. Тем более не стоит на этом основании ставить под сомнение существующие концептуальные методы противопожарной защиты всех объектов газовой промышленности.

Обращает на себя внимание то, что в доказательство части своих утверждений и предлагаемых технических решений авторы приводят ссылки на свои же статьи, и необязательно в известных рецензируемых научно-технических, но и в рекламно-коммерческих изданиях. Кроме того, следует иметь в виду, что зарубежный опыт напрямую не допускает предлагаемые авторами методы защиты объектов с обращением именно СПГ (с применением раствора пенообразователя для получения классической воздушно-механической пены низкой и средней кратности), что может быть обосновано несложными расчетами. А соответствующие экспериментальные подтверждения, уверен, будут получены в результате запланированных испытаний с СПГ. Да и некоторые, дошедшие до специалистов и не афишируемые авторами эффекты, наблюдавшиеся при испытаниях с СУГ, могут свидетельствовать о том же.

В отношении недопустимости “нагнетания страхов” хотелось бы просить авторов воздержаться от заявлений о том, что в случае аварии на объекте с обращением СПГ возможен взрыв, который по мощ-

ности “эквивалентен десятку взрывов, осуществленных США в Хиросиме и Нагасаки!!!”. Без детального анализа условий и серьезного моделирования подобные заявления, тем более со страниц таких авторитетных журналов, как Ваш, делать просто нельзя. В противном случае придется категорически запрещать строительство объектов с единовременным нахождением на нем СПГ в количествах, куда гораздо меньших, чем 100 тыс. м³, т. е. в принципе отказаться от строительства даже средних по производительности заводов по производству СПГ, а это уже вопросы технологической и экономической безопасности страны.

Понимаю, основную ответственность за содержание представленных в редакцию материалов несут авторы, и мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов. Тем не менее затронутую тему обеспечения пожарной безопасности нового для нашей страны класса объектов топливно-энергетического комплекса считаю крайне важной, поэтому в

заключение своего письма, с учетом большой значимости и авторитета Вашего журнала, прошу редколлегию такого рода материалы подвергать специальному авторитетному рецензированию.

Готов к дискуссионному обсуждению проблемы. Естественно, и мне далеко не все ясно. Предвижу трудности такой дискуссии: материалы с критикой технических решений оппонентов публиковать легче, чем в условиях рыночной конкуренции “бесплатно” обнародовать свои предложения. Но давайте попробуем. Единственное, о чем всегда прошу участников дискуссий, в качестве аргументов и доказательств “не браться официальными регалиями”, а опираться исключительно на законы физики, химии, математики и т. д., а также на результаты корректных испытаний и соответствующий практический опыт.

С уважением

КАЛАШНИКОВ Сергей Александрович



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

**ВОПРОС:**

Какие минимально допустимые расстояния допускается принимать между отдельно стоящим молниеотводом и зданием, в котором имеются взрывоопасные зоны классов 0, 1 и 20, 21.

ОТВЕТ:

Согласно РД 34.21.122–87 “Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений” (далее – РД) здания и сооружения, имеющие помещения с классами зон 0, 1 (В-I) и 20, 21 (В-II), должны быть защищены от воздействия молнии по I категории молниезащиты. Данная защита может быть реализована с помощью отдельно стоящих стержневых (рис. 1) или тросовых (рис. 2) молниеотводов.

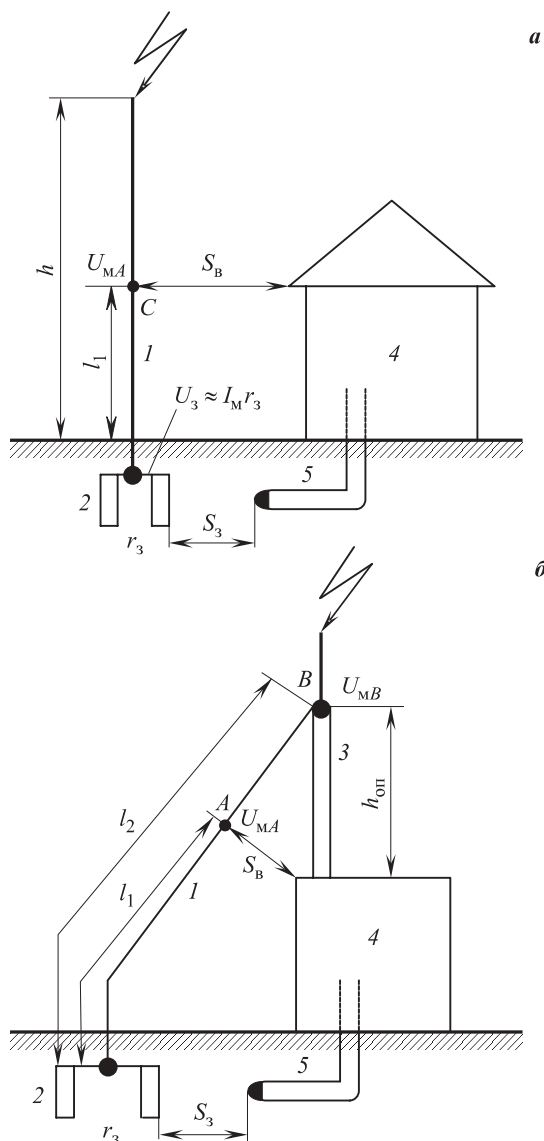


Рис. 1. Расчетная схема определения безопасных расстояний S_B между отдельно стоящим стержневым молниеотводом (токоотводом) и сооружением: а — отдельно стоящий стержневой молниеотвод высотой h ; б — изолированный молниеотвод на здании; 1 — токоотвод; 2 — заземлитель; 3 — опора изолированного молниеотвода высотой $h_{оп}$; 4 — сооружение I категории; 5 — металлическая коммуникация

Использование отдельно стоящих молниеотводов позволяет снизить перенапряжения между элементами здания и вероятность искрения. При этом молниеотводы должны обеспечивать защиту объекта со степенью надежности не ниже 0,99 (тип зоны А).

В случае прямого удара молнии в молниеотвод все его части приобретают высокий потенциал. В результате разность потенциалов между токоотводом и частями здания U_M (U_{MA} и U_{MB}) или между заземлителем молниеотвода и подземными металлическими коммуникациями здания U_3 может оказаться достаточной для пробоя изоляционного промежутка по воздуху или земле.

В связи с этим для объектов молниезащиты I категории необходимо учитывать минимально допустимые расстояния от молниеотвода до защищаемого здания или сооружения. Они определяются на основании расчета потенциалов в тех точках, где может произойти наиболее вероятное перекрытие на объект. Согласно рис. 1 и 2 такими точками могут быть А, В и С. Потенциал этих точек зависит от амплитуды и крутизны тока молнии, индуктивного или волнового сопротивления токоотвода, длины участков l_1 , l_2 и l_A , l_B и сопротивления заземлителя r_3 .

Наименьшее допустимое расстояние по воздуху S_B от защищаемого объекта до опоры (токоотвода) стержневого или тросового молниеотвода (см. рис. 1 и 2) определяется в зависимости от высоты здания, конструкции заземлителя и эквивалентного удельного сопротивления грунта ρ . Для зданий и сооружений высотой не более 30 м наименьшее допустимое расстояние S_B определяется по табл. 1. Для зданий и сооружений высотой более 30 м значение S_B , определенное по табл. 1, должно быть увеличено на 1 м из расчета на каждые 10 м высоты объекта сверх 30 м.

Наименьшее допустимое расстояние S_{B1} от защищаемого объекта до троса в середине пролета (см. рис. 2) определяется в зависимости от конструкции заземлителя, эквивалентного удельного сопротивления грунта ρ и суммарной длины l молниеприемников и токоотводов.

При $l < 200$ м наименьшее допустимое расстояние S_{B1} определяется по табл. 2.

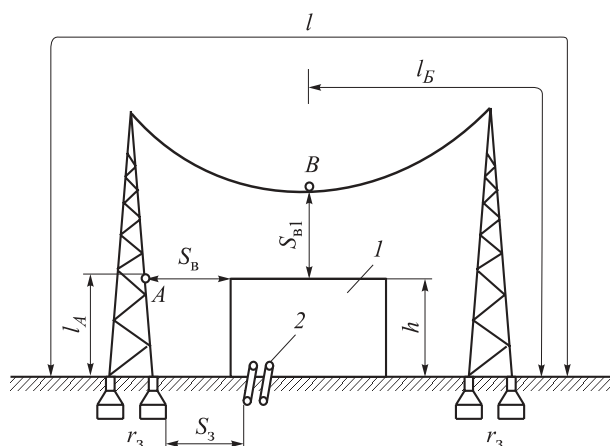


Рис. 2. Расчетная схема для определения безопасных расстояний между отдельно стоящим тросовым молниеотводом и сооружением: 1 — защищаемый объект; 2 — металлические коммуникации

Таблица 1

Вариант конструкции заземлителя	ρ , Ом·м	S_B , м (см. рис. 1 и 2)
1. Заземлитель любой конструкции (см. п. 2.2 РД)	$\rho \leq 100$	3
2. Одна железобетонная свая либо подножник или углубленная стойка железобетонной опоры (см. п. 2.2 “а”, “б” РД)	$100 < \rho \leq 1000$	$3 + 10^{-2}(\rho - 100)$
3. Четыре железобетонные сваи или подножники, расположенные в углах прямоугольника на расстоянии 3–8 м друг от друга, или железобетонный фундамент произвольной формы с площадью поверхности контакта с землей не менее 70 м ² , или искусственный заземлитель (см. п. 2.2 “г” РД)	$100 < \rho \leq 1000$	4

Таблица 2

Вариант конструкции заземлителя	ρ , Ом·м	S_{B1} , м (см. рис. 2)
Заземлитель любой конструкции (см. п. 2.2 РД)	$\rho \leq 100$	3,5
Заземлитель по варианту 2 (см. табл. 1)	$100 < \rho \leq 1000$	$3,5 + 3 \cdot 10^{-3}(\rho - 100)$
Заземлитель по варианту 3 (см. табл. 1)	$100 < \rho \leq 1000$	4

При суммарной длине молниеприемников и токоотводов $l = 200\div 300$ м наименьшее допустимое расстояние S_{B1} должно быть увеличено на 2 м по сравнению с определенным по табл. 2. Наименьшие допустимые расстояния S_3 в земле (см. рис. 1 и 2) должны составлять $S_3 = S_B + 2$, где значения S_B принимаются по табл. 1.

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)



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу

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



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

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

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

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ!

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

Редакция просит авторов при подготовке рукописи руководствоваться изложенными ниже правилами.

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

2. Материал статьи должен излагаться в следующем порядке.

2.1. Номер УДК (универсальная десятичная классификация).

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

2.3. Информация об авторах.

2.3.1. Имена, отчества и фамилии всех авторов (полностью, на русском языке и в транслитерации). Авторами являются лица, принимавшие участие во всей работе или ее главных разделах. Лица, участвовавшие в работе частично, указываются в сносках.

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

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

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

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

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

- содержательным (должны излагаться существенные результаты работы; не должен включаться материал, который отсутствует в основной части публикации);
- структурированным (т. е. следовать логике описания результатов в публикации);
- “англоязычным” (написано качественным английским языком; необходимо использовать активный, а не пассивный залог, т. е. “*The study tested*”, но не “*It was tested in this study*”);
- объем текста авторского резюме должен быть не менее 100–250 слов.

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

Результаты работы описывают предельно точно и информативно. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, установленные взаимосвязи и закономерности.

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

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

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

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

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

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

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

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

Цитируемая литература должна быть оформлена в виде общего списка в порядке цитирования. В тексте ссылка на литературу отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. При этом цитируемый один в один текст из других публикаций следует брать в кавычки. Библиографические данные приводятся по титульному листу издания. Порядок изложения элементов библиографического описания определяется требованиями ГОСТ 7.1–2003 и ГОСТ Р 7.0.5–2008.

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

Для References можно предложить следующий формат:

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

Примеры описаний в References

Статьи из журнала:

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

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

Статьи из электронного журнала:

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

Статьи с DOI:

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

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

Статьи из периодического издания (сборника трудов):

Astakhov M. V., Tagantsev T. V. Eksperimentalnoye issledovaniye prochnosti soyedineniy “stal—kompozit” [Experimental study of the strength of joints “steel—composite”]. *Trudy MGTU “Matematicheskoye modelirovaniye slozhnykh tekhnicheskikh sistem”* [Proc. of the Bauman MSTU “Mathematical Modeling of Complex Technical Systems”], 2006, no. 593, pp. 125–130.

Материалы конференций:

Usmanov T. S., Gusmanov A. A., Mullagalina I. Z., Mukhametshina R. Ju., Chervyakova A. N., Sveshnikov A. V. Osobennosti proyektirovaniya razrabotki mestorozhdeniy s primeneniym gidrorazryva plasta [Features of the design of field development with the use of hydraulic fracturing]. *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma “Novyye resursoberegayushchiye tekhnologii nedropolzovaniya i povysheniya neftegazootdachi”* [Proc. 6th Int. Symp. “New Energy Saving Subsoil Technologies and the Increasing of the Oil and Gas Impact”]. Moscow, 2007, pp. 267–272.

Книги (монографии, сборники):

Nenashev M. F. *Posledneye pravitelstvo SSSR* [Last government of the USSR]. Moscow, Krom Publ., 1993. 221 p.

Переводные книги:

Timoshenko S. P., Young D. H., Weaver W. *Vibration problems in engineering*. 4th ed. New York, Wiley, 1974. 521 p. (Russ.

ed.: Timoshenko S. P., Iang D. Kh., Uiver U. *Kolebaniya v inzhenernom dele*. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 1985. 472 p.).

Интернет-ресурсы:

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov [Rules for the Citing of Sources]. Available at: <http://www.scribd.com/doc/1034528/> (Accessed 7 February 2011).

Диссертации или авторефераты диссертаций:

Semenov V. I. *Matematicheskoye modelirovaniye plazmy v sisteme kompaktnyy tor*. Dis. dokt. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, 2003. 272 p.

ГОСТы:

State Standard 8.586.5–2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p. (in Russian).

Описание патента:

Palkin M. V., e. a. *Sposob orientirovaniya po krenu letatel'nogo apparata s opticheskoy golovkoy samonavedeniya* [The way to orient on the roll of aircraft with optical homing head]. Patent RF, no. 2280590, 2006.

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

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

4. Иллюстрации в электронной версии прилагаются отдельно. Фотографии должны быть сделаны с хорошего негатива контрастной печатью (файлы растровых изображений представляются с разрешением не менее 300 dpi, черно-белая штриховая графика — 600 dpi). Файлы векторной графики следует предоставлять в формате той программы, в которой они созданы, либо создать PDF-файл из этой программы. Все иллюстрации должны иметь сквозную нумерацию. Чертежи и карты в качестве иллюстраций не приемлемы.

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

6. К статьям следует прилагать рецензию, которая должна быть подписана рецензентом из сторонней организации (с указанием его Ф. И. О., ученого звания, ученой степени, должности, места работы), заверена отделом кадров (ученым секретарем) и печатью.

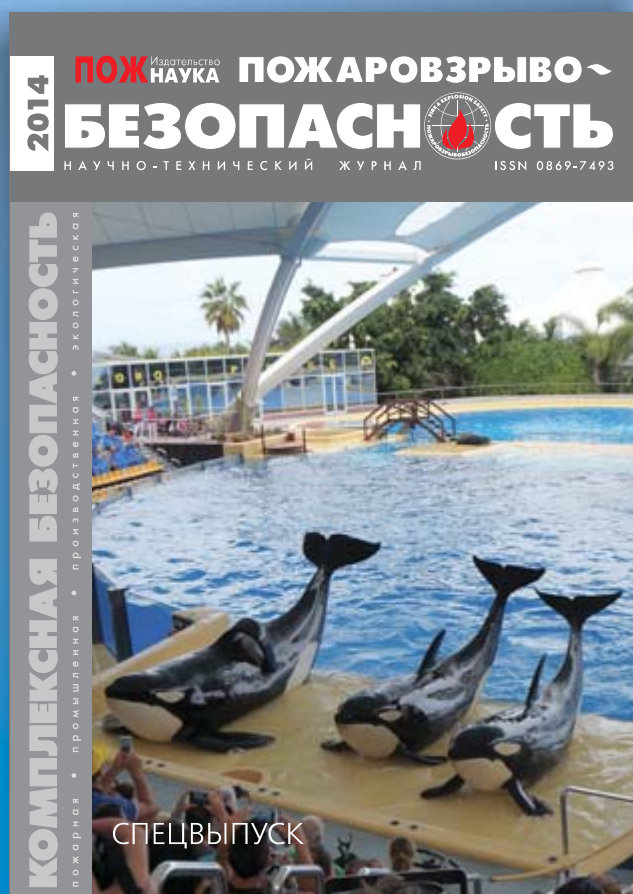
7. Непринятые к публикации статьи автору не возвращаются. Просьба редакции о переработке материала не означает, что он принят к печати.

8. Плата за публикацию работ с аспирантов не взимается.

Приглашаем Вас к сотрудничеству на страницах нашего журнала.

ДОСРОЧНАЯ ПОДПИСКА

Для самых предусмотрительных



УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Оформите годовую подписку в Издательстве до 30 ноября на **20 %** дешевле и получите ПОДАРОК — электронную версию специального выпуска журнала за 2014 г.

E-mail: info@fire-smi.ru
www.fire-smi.ru
Тел.: +7 (495) 228-09-03

**Издательство “Пожнаука” предлагает Вам оформить подписку
на журнал “Пожаровзрывобезопасность”
на 1-е полугодие 2015 г.,
а также годовую подписку с 20 %-ной скидкой
(только до 30 ноября 2014 г.)!**



**ПЕРСОНАЛЬНАЯ ПОДПИСКА
на журнал**

**ПОЖАРОВЗРЫВО-
БЕЗОПАСНОСТЬ**



ISSN 0869-7493

КУПОН '2015

Издание	Цена подписки, руб.	Количество экземпляров	Стоимость подписки, руб.
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” (1-е полугодие 2015 г.)	5200		
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” (2015 год при оформлении до 30 ноября)	8320		

- ☐ Укажите в таблице количество экземпляров, которое Вам необходимо.
В связи с введением обязательного составления счетов-фактур при
совершении операций по реализации просим прислать также карточку
Вашей организации. Эти сведения необходимы для подготовки и высылки
Вам счета-фактуры.
- ☐ Заполненный купон и копию платежного поручения вышлите по e-mail:
info@fire-smi.ru, mail@firepress.ru в отдел распространения.
- ☐ Оплату за подписку Вы можете произвести по следующим реквизитам:
ООО “Издательство “ПОЖНАУКА”
Почтовый адрес: 121352, г. Москва, а/я 43
ИНН / КПП 7731652572 / 773101001
Р/с 40702810930130056301 в ОАО “Промсвязьбанк” г. Москва
К/с 30101810400000000555
БИК 044525555
Главный редактор — *Корольченко Александр Яковлевич*

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

ПОДПИСКА ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ:

через ООО “Издательство “Пожнаука”;
через агентство “РОСПЕЧАТЬ”, индекс 83340;
через агентство “АПР”, индекс 83647
(в любом почтовом отделении в каталоге
“Газеты и журналы”);

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

21-я Московская международная выставка «ОХРАНА, БЕЗОПАСНОСТЬ И ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА»

13.04 — 16.04.2015

Москва, ВДНХ, павильон 75



Охранное
телевидение
и наблюдение.



Системы
защиты
периметра.
Ограждения.



Технические
средства
обеспечения
безопасности.



Пожарная
безопасность.
Аварийно-
спасательная
техника.
Охрана труда.



Смарт карты.



Организатор:

При поддержке:



Тел.: +7 (495) 935 7350
Факс: +7 (495) 935 7351
security@ite-expo.ru



МВД России

www.mips.ru