

12-2017

ПОЖ Издательство
НАУКА

ПОЖАРОВЗРЫВО-

БЕЗОПАСНОСТЬ



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0869-7493 (Print)
ISSN 2587-6201 (Online)

КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

пожарная • промышленная • производственная • экологическая



*С Новым
Годом!*

9-я Выставка
технических средств охраны
и оборудования для обеспечения
безопасности и противопожарной защиты



securika
Krasnodar



Краснодар

27 февраля –
2 марта
2018

ул. Конгрессная, 1
ВКК «Экспоград Юг»

Забронируйте стенд
securika-krasnodar.ru



Оборудование
и аксессуары
для систем
видеонаблюдения



Оборудование
для систем контроля
и управления
доступом



Оборудование
и средства
для обеспечения
противопожарной защиты



Оборудование
для систем
сигнализации
и оповещения

РЕКЛАМА



Организатор «КраснодарЭКСПО»
в составе Группы компаний ITE
+7 (861) 200-12-50, 200-12-34
securika@krasnodarexpo.ru

Генеральный
информационный партнер

RUBEJ

ОДНОВРЕМЕННО С ВЫСТАВКОЙ



WorldBuild Krasnodar
YugBuild

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ –

ООО "Издательство "ПОЖНАУКА"

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

СМИ зарегистрировано Федеральной службой
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций –
свидетельство ПИ № ФС 77-43615 от 18
января 2011 г.

РЕДАКЦИЯ:

Зав. редакцией Корольченко О. Н.

Шеф-редактор Соколова Н. Н.

Редактор Крылова Л. В.

Адрес редакции:

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

Адрес для переписки:

121352, Россия, г. Москва, а/я 43.

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

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

Журнал включен в перечень ведущих рецензи-
руемых научных журналов и изданий, реко-
мендованных ВАК России для публикации
трудов соискателей ученых степеней, в Рефе-
ративный журнал и базы данных ВИНТИ РАН,
в базу данных Российского индекса научного
цитирования (РИНЦ), в базу данных Russian
Science Citation Index на платформе Web
of Science, в справочно-библиографическую
службу EBSCO. Сведения о журнале ежегодно
публикуются в Международной справочной
системе по периодическим и продолжающимся
изданиям "Ulrich's Periodicals Directory".
Переводные версии статей журнала входят
в Международный реферативный журнал
"Chemical Abstracts".

Перепечатка материалов журнала "Пожаро-
взрывобезопасность / Fire and Explosion Safety"
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 мне-
нием авторов опубликованных материалов.

Подписано в печать 15.12.2017.

Выход в свет 25.12.2017.

Формат 60x84 1/8. Тираж 2000 экз.

Бумага мелованная матовая.

Печать офсетная.

Отпечатано в типографии ООО "ДИАЛОГ"
(125315, г. Москва, Ленинградский просп.,
д. 80, корп. Г).

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Корольченко А. Я., д. т. н., профессор, академик МАНЭБ (Национальный
исследовательский Московский государственный строительный университет,
Москва, Россия)

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Мольков В. В., д. т. н., профессор (Ольстерский университет, Ольстер, Велико-
британия)

Стрижак П. А., д. ф.-м. н. (Национальный исследовательский Томский политех-
нический университет, Томск, Россия)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Бакиров И. К., к. т. н. (Уфимский государственный нефтяной технический уни-
верситет, Уфа, Россия, Республика Башкортостан)

Барбин Н. М., д. т. н., профессор (Уральский государственный аграрный универ-
ситет, Екатеринбург, Россия)

Брушлинский Н. Н., д. т. н., профессор, академик РАЕН, заслуженный деятель
науки РФ (Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,
Москва, Россия)

Бурханов А. И., д. ф.-м. н. (Волгоградский государственный технический уни-
верситет, Волгоград, Россия)

Вагнер П., д. т. н. (Академия пожарной службы Берлина, Берлин, Германия)

Корольченко Д. А., к. т. н., академик МАНЭБ (Национальный исследовате-
льский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия)

Кузнецов С. В., д. ф.-м. н., профессор (Институт проблем механики им. А. Ю. Иш-
линского Российской академии наук, Москва, Россия)

Ложкин В. Н., д. т. н., профессор (Санкт-Петербургский университет Государ-
ственной противопожарной службы МЧС России, Санкт-Петербург, Россия)

Малыгин И. Г., д. т. н., профессор (Институт проблем транспорта им. Н.С. Соло-
менко Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия)

Поландов Ю. Х., д. т. н., профессор (Орловский государственный университет
им. И.С. Тургенева, Орел, Россия)

Пузач С. В., д. т. н., профессор, член-корреспондент НАНПБ, заслуженный
деятель науки РФ (Академия Государственной противопожарной службы МЧС
России, Москва, Россия)

Раимбеков К. Ж., к. ф.-м. н. (Кокшетауский технический институт Комитета по
чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан)

Рестас А. (Институт управления при ЧС Национального университета Государ-
ственной службы, Будапешт, Венгрия)

Серков Б. Б., д. т. н., профессор, действительный член НАНПБ (Академия Госу-
дарственной противопожарной службы МЧС России, Москва, Россия)

Тамразян А. Г., д. т. н., профессор, действительный член ВАНКБ (Национальный
исследовательский Московский государственный строительный университет,
Москва, Россия)

Топольский Н. Г., д. т. н., профессор, академик РАЕН и НАНПБ, заслуженный
деятель науки РФ (Академия Государственной противопожарной службы МЧС
России, Москва, Россия)

Холщевников В. В., д. т. н., профессор, академик и почетный член РАЕН, ака-
демик ВАНКБ, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации
(Национальный исследовательский Московский государственный строительный
университет, Москва, Россия)

Чирик Р. М., д. т. н., профессор (Высшая техническая школа, Нови Сад, Сербия)

Шебеко Ю. Н., д. т. н., профессор, действительный член НАНПБ (ВНИИПО МЧС
России, Балашиха, Россия)

Шилдс Т. Дж., профессор (Ольстерский университет, Ольстер, Великобритания)

Якуш С. Е., д. ф.-м. н. (Институт проблем механики им. А. Ю. Ишлинского Рос-
сийской академии наук, Москва, Россия)

СОДЕРЖАНИЕ

БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

ПОКРОВСКАЯ Е. Н., ПОРТНОВ Ф. А.
Кинетические параметры аэрозолей дыма
при горении модифицированной древесины

6

БЕЗЗАПОННАЯ О. В., ГОЛОВИНА Е. В., АКУЛОВ А. Ю.,
КАЛАЧ А. В., ШАРАПОВ С. В., КАЛАЧ Е. В.
Пути совершенствования огнезащитных
терморасширяющихся составов для использования
на объектах нефтегазового комплекса

14

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

БУТУЗОВ С. Ю., ДОЛГОПОЛОВ С. С.,
КАФИДОВ В. В., РАЖНИКОВ С. В., ХАРИСОВ Г. Х.
Модель системы поддержки управления кадровым
составом оперативных служб с учетом критериев
вероятностного взаимодействия

25

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ФАМ НАМ ТХАНЬ, ВАСИЛЕНКО В. В.,
КОРОЛЬЧЕНКО Д. А.
Актуализация систематизации методов
динамических испытаний ограждений
предохранительных инвентарных

35

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА

МИНКИН Д. Ю., ТЕРЕХИН С. Н.,
КОРОЛЬКОВ А. П., ОСМАНОВ Ш. А.
Космический тепловизионный мониторинг
нефтегазопроводного транспорта

45

СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

ВЛАСОВ Н. А., ЕРЕМИНА Т. Ю.
Огнетушащая эффективность пены, полученной
из концентрированных солевых растворов

52

ВОПРОС – ОТВЕТ

ХАРЛАМЕНКОВ А. С.
Требования пожарной безопасности
к пиротехническим изделиям

59

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ ЗА 2017 г.

65

ТЕМАТИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ,
ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ В 2017 г.

71

CONTENTS

SAFETY OF SUBSTANCES AND MATERIALS

POKROVSKAYA E. N., PORTNOV F. A.
Kinetic parameters of aerosol smoke during
modified wood combustion

BEZZAPONNAYA O. V., GOLOVINA E. V., AKULOV A. Yu.,
KALACH A. V., SHARAPOV S. V., KALACH E. V.
Ways of improving the fire protecting
thermal expanding compositions for use
in oil and gas industry

MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND PROGRAM COMPLEXES

BUTUZOV S. Yu., DOLGOPOLOV S. S.,
KAFIDOV V. V., RAZHNIKOV S. V., KHARISOV G. Kh.
Model of the support system for the management
of the staff of the operational services with the criteria
of the probabilistic interaction

LIFE SAFETY

PHAM NAM THANH, VASILENKO V. V.,
KOROLCHENKO D. A.
Actualization of the dynamic test methods
to be systemized for temporary edge
protection systems

AUTOMATED SYSTEMS AND MEANS

MINKIN D. Yu., TEREKHIN S. N.,
KOROLKOV A. P., OSMANOV Sh. A.
Space thermovision monitoring of oil
and gas transportation

MEANS AND WAYS OF FIRE EXTINGUISHING

VLASOV N. A., EREMINA T. Yu.
Fire extinguishing efficiency of the foam generated
from concentrated aqueous salt solutions

QUESTION – ANSWER

KHARLAMENKOV A. S.
Fire safety requirements for pyrotechnic
products

AUTHORS INDEX '2017

GUIDE INDEX OF THE ARTICLES
PUBLISHED IN 2017



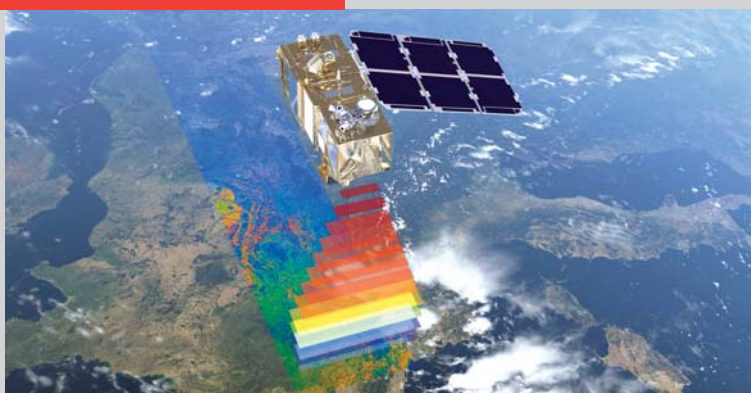
Параметры аэрозолей дыма при горении древесины

Стр. 6



Стр. 35

Испытания ограждений предохранительных инвентарных



Космический тепловизионный мониторинг в нефтегазовой отрасли

Стр. 45



Стр. 52

Огнетушащая эффективность пены, полученной из солевых растворов

Стр. 59



Требования пожарной безопасности к пиротехническим изделиям

КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

пожарная • промышленная • производственная • экологическая



FOUNDER —

"POZHNAUKA" Publishing House, Ltd.

Journal founded in 1992,
issued 12 times per year.

Publication is registered by the Federal
Service for Supervision of Communications,
Information Technology, and Mass Media
of Russia. Registration certificate
PI No. FS 77-43615 on January 18, 2011.

EDITORIAL STAFF:

Chief of editorial staff **Korolchenko O. N.**

Editorial director **Sokolova N. N.**

Editor **Krylova L. V.**

Address of Editorial Staff:

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

Corresponding to: Post office box 43,
Moscow, 121352, Russia.

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

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

"Pozharovzryvbezopasnost / Fire and Explosion
Safety" is included in the List of periodical
scientific and technical publication, recommended
by Higher Attestation Commission of the Russian
Federation for publishing aspirants' works for
candidate and doctoral degree, in Abstracting
Journal and Database of VINITI RAS, in Russian
Science Citation Index, EBSCO. Information
about the journal is annually published
in "Ulrich's Periodicals Directory". English version
of "Fire and Explosion Safety" articles is included
in Chemical Abstract Service (CAS).

No part of this publication may be used or re-
produced in any form or by any means without
the prior permission of the Publishers. Repro-
ducing any part of this material a reference
to the journal is obligatory.

Authors and advertisers account for contents
of given papers and for publishing in the open
press.

Opinion of Editorial Staff not always coincides
with Author's opinion.

Signed for printing 15.12.2017.
Date of publication 25.12.2017.
Format is 60x84 1/8.
Printing is 2000 copies.
Chalk-overlay mat paper.
Offset printing.

Printed at "DIALOG", Ltd.
(Leningradskiy Avenue, 80, build. G,
Moscow, 125315, Russian).

EDITOR-IN-CHIEF:

Korolchenko A. Ya., Dr. Tech. Sci., Professor, Academician of International Academy of
Ecology and Life Safety (National Research Moscow State University of Civil Engineering,
Moscow, Russia)

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

Molkov V. V., Dr. Tech. Sci., Professor (Ulster University, Ulster, Northern Ireland, UK)

Strizhak P. A., Dr. Phys.-Math. Sci. (National Research Tomsk Polytechnic University,
Tomsk, Russia)

EDITORIAL BOARD:

Bakirov I. K., Cand. Tech. Sci. (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa,
Russia, Republic of Bashkortostan)

Barbin N. M., Dr. Tech. Sci., Professor (Urals State Agrarian University, Yekaterinburg,
Russia)

Brushlinskiy N. N., Dr. Tech. Sci., Professor, Academician of Russian Academy of
Natural Sciences, Honoured Scientist of the Russian Federation (State Fire Academy of
Emercom of Russia, Moscow, Russia)

Burkhanov A. I., Dr. Phys.-Math. Sci. (Volgograd State Technical University, Volgo-
grad, Russia)

Wagner P., Dr. Tech. Sci. (Berlin Fire and Rescue Academy, Berlin, Germany)

Korolchenko D. A., Cand. Tech. Sci., Academician of International Academy of
Ecology and Life Safety (National Research Moscow State University of Civil Engineering,
Moscow, Russia)

Kuznetsov S. V., Dr. Phys.-Math. Sci., Professor (A. Ishlinsky Institute for Problems in
Mechanics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia)

Lozhkin V. N., Dr. Tech. Sci., Professor (Saint Petersburg University of State Fire Service
of Emercom of Russia, Saint Petersburg, Russia)

Malygin I. G., Dr. Tech. Sci., Professor (Solomenko Institute of Transport Problems of
the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia)

Polandov Yu. Kh., Dr. Tech. Sci., Professor (Orel State University named after I. Tur-
genev, Orel, Russia)

Puzach S. V., Dr. Tech. Sci., Professor, Corresponding Member of National Academy of
Fire Science (State Fire Academy of Emercom of Russia, Moscow, Russia)

Raimbekov K. Zh., Cand. Phys.-Math. Sci. (Kokshetau Technical Institute, Committee
of Emergency Situations of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Kazakhstan,
Kokshetau, Kazakhstan)

Restas A., Ph. D. (National University of Public Service, Institute of Disaster Manage-
ment, Budapest, Hungary)

Serkov B. B., Dr. Tech. Sci., Professor, Full Member of National Academy of Fire Science
(State Fire Academy of Emercom of Russia, Moscow, Russia)

Tamrazyan A. G., Dr. Tech. Sci., Professor, Full Member of World Academy of Sciences
for Complex Safety (National Research Moscow State University of Civil Engineering,
Moscow, Russia)

Topolskiy N. G., Dr. Tech. Sci., Professor, Academician of Russian Academy of Natural
Sciences, Academician of National Academy of Fire Science, Honoured Scientist of
the Russian Federation (State Fire Academy of Emercom of Russia, Moscow, Russia)

Kholshchevnikov V. V., Dr. Tech. Sci., Professor, Academician and Honoured Member
of Russian Academy of Natural Sciences, Academician of World Academy of Sciences
for Complex Safety, Honoured Higher Education Employee of the Russian Federation
(National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia)

Ciric R. M., Ph. D., Professor (The Higher Technical School of Professional Studies, Novi
Sad, Serbia)

Shebeko Yu. N., Dr. Tech. Sci., Professor, Full Member of National Academy of Fire
Science (All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia,
Balashikha, Russia)

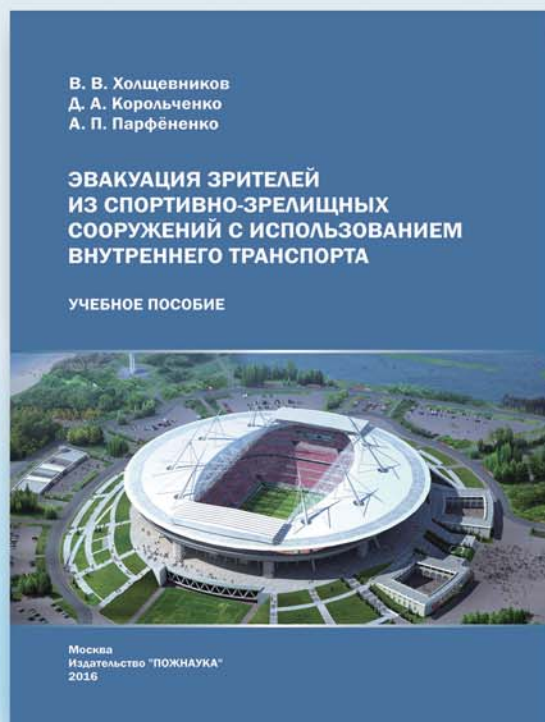
Shields T. J., Ph. D., Professor (Ulster University, Ulster, Northern Ireland, UK)

Yakush S. E., Dr. Phys.-Math. Sci. (A. Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics of
the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia)



ООО «Издательство «ПОЖНАУКА»

предлагает Вашему вниманию



Учебное пособие

Холщевников В. В., Корольченко Д. А., Парфёненко А. П.

ЭВАКУАЦИЯ ЗРИТЕЛЕЙ ИЗ СПОРТИВНО- ЗРЕЛИЩНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВНУТРЕННЕГО ТРАНСПОРТА

М. : Изд-во «ПОЖНАУКА», 2016. — 88 с.

Впервые в практике архитектурно-строительного преподавания рассмотрена методология учета важнейшего функционального процесса — движения людских потоков с использованием эскалаторов и лифтовых установок при различных режимах эксплуатации зданий, включая чрезвычайную ситуацию пожара, на примере реального объекта с большим количеством находящихся в нем людей.

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

Е. Н. ПОКРОВСКАЯ, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры комплексной безопасности в строительстве, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: elenapokrovskaya@bk.ru)

Ф. А. ПОРТНОВ, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры комплексной безопасности в строительстве, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: wastingtimefilmart@gmail.com)

УДК 699.8:614.8+544+630.3

КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АЭРОЗОЛЕЙ ДЫМА ПРИ ГОРЕНИИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Изучено влияние модификаторов поверхностного слоя древесины на структуру и кинетические параметры аэрозолей, образующихся при термическом разложении древесины. Показано, что согласно статистике МЧС РФ при пожаре наибольшую опасность для человека представляет воздействие на него дыма и продуктов термического разложения, которые вызывают у него дезориентацию и панику, а также отравление, что может вывести его из строя или стать причиной гибели. Проведена оценка: структуры аэрозолей дымов гранулометрическим методом с получением распределения твердых частиц аэрозоля по размерам; кинетических характеристик с использованием математических расчетов на основании полученных данных; устойчивости поверхностного слоя модифицированной древесины под действием высоких температур (от 350 °С). Сделан вывод, что при использовании фосфорсодержащих модификаторов поверхностного слоя древесины происходит уменьшение ее склонности к дымообразованию, а также уменьшение устойчивости аэрозоля, образующегося при термическом разложении древесины, что определяет снижение уровня гибели людей при пожаре.

Ключевые слова: аэрозоль; дым; древесина; модифицирование; термодинамика; поверхностный слой; фосфорорганические соединения; устойчивость аэрозолей.

DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.6-13

Введение

Согласно Федеральному закону № 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” снижение видимости на путях эвакуации и токсичность продуктов термического разложения относятся к опасным факторам пожара (ОФП). Возникновение указанных ОФП обусловлено образованием дыма при термическом разложении горючих строительных материалов. Дым представляет собой аэрозоль. На примере древесины, как широко распространенного строительного материала [1, 2], образование аэрозолей можно охарактеризовать следующим образом. При воздействии высоких температур (от 350 °С) происходит разложение древесного композита с выделением горючих газообразных веществ и протекание химических процессов разложения в твердой фазе [3, 4]. При этом образуется поверхностный коксовый слой, который в зависимости от свойств материала и интенсивности теплового воздействия может характеризоваться различной пористостью и устойчивостью к диффузии. Наибольшая степень выделения дыма наблюдается при

беспламенном термическом разложении — тлении, которое происходит при температуре 350–450 °С.

Образование дыма при пожаре опасно тем, что может вызвать панику и дезориентацию человека в опасных условиях, а также ухудшение условий работы спасательных частей. Ряд исследований в области поведения людей в опасных ситуациях [4–11] показал, что при снижении видимости на путях эвакуации люди проявляют нежелание покидать временно безопасные помещения (кроме помещений, в которых возникло возгорание). Это может стать причиной того, что люди окажутся отрезанными от выхода из зданий, а их эвакуация будет сопровождаться дополнительными жертвами. Это связано с тем, что нахождение человека в задымленном помещении может повлечь за собой возникновение респираторных заболеваний и патологий из-за вдыхания токсичных продуктов термического разложения.

В настоящее время изучено влияние породы древесины на свойства дымов [12–14]. Кроме того, рассмотрено влияние модифицирования древесины на дымообразующую способность. Особое значе-

ние в этом вопросе имеет поверхностное адсорбционно-химическое модифицирование как эффективный метод улучшения свойств древесных материалов и уменьшения дымообразования [15]. Вопрос изменения структуры и свойств аэрозоля дыма является малоизученным. Детальная проработка этого вопроса актуальна для обеспечения безопасности людей в случае возникновения пожара.

Исходя из вышеизложенного целью работы является оценка влияния модификаторов поверхностного слоя древесины на образование и устойчивость аэрозоля дыма. Для этого необходимо решить следующие задачи:

- определить количественные характеристики аэрозолей дымов, образующихся при термическом разложении исходной и модифицированной древесины;
- оценить влияние модификаторов на структуру и свойства поверхностного слоя древесины при ее термическом разложении.

Материалы и методы исследования

Для оценки количественных характеристик аэрозоля был проведен гранулометрический анализ с помощью лазерно-дифракционного анализатора размера частиц Cilas 1180. При образовании и осаждении аэрозоля происходила коагуляция частиц. Для того чтобы обратить этот эффект, осажденные частицы помещали в 50 %-ный раствор изопропанола в воде и подвергали ультразвуковому воздействию до и во время испытаний.

Оценку дымообразующей способности проводили на установке по определению коэффициента дымообразования по ГОСТ 12.1.044–89 (п. 4.18).

Для изучения эффективности поверхностного адсорбционно-химического модифицирования был выполнен элементный анализ с использованием сканирующего микроскопа Quanta 200.

Для оценки энергетических свойств поверхности образцов модифицированной древесины был использован метод нейтральной капли для определения поверхностного натяжения образцов и метод сорбции паров азота на установке Quantachrome NOVA 4200e для оценки удельной площади поверхности образцов. Для исследований были отобраны образцы осажденных частиц аэрозоля дыма, образующегося при термическом разложении модифицированной древесины.

В качестве модификаторов поверхностного слоя древесины были использованы 20 %-ные растворы эфиров фосфористой кислоты: диметилфосфит (ДМФ), диэтилфосфит (ДЭФ), дибутилфосфит (ДБФ), дифенилфосфит (ДФФ), полифосфат аммония (ПФА-1). Выбор этих модификаторов основан на том, что эфиры фосфористой кислоты относятся

к модификаторам, снижающим горючесть и увеличивающим биостойкость древесины. Поверхностное модифицирование древесины происходило в мягких условиях (20 °С, 1 атм) при расходе составов 200 г/м². Сгорание модифицированной древесины проводилось в специальной камере сгорания в условиях тления ($T = 450$ °С). Образующийся дым поступал в специальную камеру, в которой и происходило осаждение частиц дыма в течение суток.

Результаты и их обсуждение

В результате измерений гранулометрическим методом было установлено распределение частиц твердой фазы аэрозоля дыма по размерам в зависимости от модификатора поверхностного слоя древесины (табл. 1).

Из данных табл. 1 видно, что модификаторы поверхностного слоя древесины оказывают значительное влияние на количественные характеристики аэрозолей дымов, образующихся при термическом разложении модифицированной древесины. Максимальный размер твердых частиц дисперсной фазы аэрозоля дыма, образующегося при термическом разложении исходной древесины, составляет 25 мкм. При использовании в качестве модификаторов ДМФ максимальный размер частиц составляет 20 мкм, ПФА-1 — 18 мкм и ДЭФ — 15 мкм. Изменение размера твердых частиц дисперсной фазы аэрозоля оказывает значительное влияние на оптические характеристики дыма. Согласно данным испытаний по определению коэффициента дымообразования максимальная дымообразующая способность характерна для исходной древесины, в случае же использования модификаторов происходит значительное снижение дымообразования. Причем наиболее эффективным оказался ДЭФ (табл. 2).

Для образования прочной и устойчивой структуры поверхностного слоя древесины необходимо образование прочных ковалентных связей между модификатором и компонентами лигноуглеводного комплекса древесины. Количественные характеристики химического модифицирования определяются исходя из процентного содержания фосфора в поверхностном слое модифицированной древесины. На характер термического разложения древесины, модифицированной фосфорсодержащими органическими соединениями, влияют параметры образования и структура коксового слоя. Наиболее прочная структура кокса — фосфорсодержащая. Наиболее эффективным модификатором является ДЭФ, который обладает высокой устойчивостью при термическом разложении модифицированной им древесины (табл. 3).

Для оценки устойчивости аэрозолей необходимо установить их кинетические параметры: скорость

Таблица 1. Распределение по размеру твердых частиц дисперсной фазы аэрозолей**Table 1.** Size distribution of solid particles of the dispersed phase aerosols

r , мкм r , μm	Исходный образец Original wood	Древесина, модифицированная Wood modified by				
		ДФФ DFF	ДБФ DBF	ДМФ DMF	ПФА-1 PFA-1	ДЭФ DEP
0,04–0,30	0,29	0,29	0,33	1,23	0,99	0,76
0,4	0,18	0,24	0,24	0,52	0,95	0,90
0,5	0,24	0,36	0,39	0,59	1,78	1,50
0,6	0,46	1,55	0,61	0,65	1,96	1,82
0,7	0,75	0,89	0,45	1,05	2,37	2,21
0,8	1,16	1,12	1,02	1,57	2,26	2,24
0,9	1,37	1,25	1,13	1,85	2,21	2,43
1,0	1,50	1,39	1,25	2,00	2,35	2,31
1,1	1,57	1,41	1,12	2,06	2,42	2,20
1,2	1,60	1,51	1,36	2,09	2,55	1,94
1,3	1,60	1,55	1,45	2,11	2,59	1,95
1,4	1,61	1,52	1,61	2,11	2,45	1,99
1,6	1,57	1,45	1,57	2,07	2,43	2,52
1,8	1,53	1,40	1,53	2,03	2,49	2,69
2,0	1,47	1,41	1,47	1,96	2,55	2,85
2,2	1,39	1,55	1,68	1,88	2,65	2,93
2,4	1,39	1,67	2,45	1,91	2,68	3,19
2,6	1,46	2,01	3,12	1,97	2,70	3,32
3,0	1,64	2,45	3,56	2,19	2,72	3,62
4,0	2,32	2,86	4,07	2,88	3,01	3,96
5,0	3,26	3,01	4,48	3,51	3,05	4,28
6,0	3,69	3,36	4,65	3,56	3,29	4,41
6,5	3,75	3,41	4,21	3,29	3,73	4,52
7,0	3,73	3,51	3,73	3,25	3,95	5,08
7,5	3,76	3,45	3,76	3,30	4,65	5,38
8,0	3,79	3,36	3,80	3,51	5,15	5,33
8,5	3,86	3,54	3,75	3,84	5,41	5,03
9,0	4,06	3,96	4,06	4,25	5,05	4,73
10,0	4,53	4,12	4,89	5,99	4,86	4,21
11,0	5,12	4,51	5,75	5,85	4,22	3,67
12,0	5,31	4,89	5,25	5,35	3,62	3,21
13,0	5,52	5,01	5,12	5,12	2,86	2,08
14,0	5,65	5,13	4,23	4,45	2,09	0,53
15,0	5,01	4,85	3,54	3,60	1,29	0,21
16,0	4,08	4,25	3,11	2,73	0,59	–
17,0	3,32	3,78	2,15	2,02	0,13	–
18,0	2,60	3,15	1,56	1,15	0,05	–
19,0	1,80	2,58	1,12	0,46	–	–
20,0	1,25	1,54	0,36	0,05	–	–
22,0	0,70	0,59	0,07	–	–	–
25,0	0,11	0,12	–	–	–	–

Таблица 2. Дымообразующая способность исходной и модифицированной древесины**Table 2.** Smoke generation ability of the original and the modified wood

Показатель Significative	Исходный образец Original wood	Древесина, модифицированная Wood modified by				
		ДМФ DMF	ДЭФ DEP	ДФФ DFF	ДБФ DBF	ПФА-1 PFA-1
D_m , м ² /кг D_m , m ² /kg	1100	510	160	740	600	440

Таблица 3. Содержание фосфора в поверхностном слое древесины до и после термического разложения**Table 3.** Phosphorus concentration in the surface layer of wood before and after thermal decomposition

Состояние древесины Condition of wood	Содержание фосфора, %, в древесине, модифицированной Phosphorus contents, %, in wood modified by				
	ДМФ DMF	ДЭФ DEP	ДБФ DBF	ДФФ DFF	ПФА-1 PFA-1
До термического разложения Before thermal decomposition	2,87	3,57	2,65	2,45	2,11
После термического разложения After thermal decomposition	0,85	4,70	0,71	1,06	0,35

коагуляции и скорость седиментации, которые определяются строением твердых частиц дисперсной фазы и броуновским движением [16–21]. Скорость седиментации W_g (м/с) описывается уравнением

$$W_g = 2r^2\rho g / (9\mu), \quad (1)$$

где r — радиус твердых частиц дисперсной фазы аэрозолей, мкм;

ρ — плотность частиц, кг/м³;

g — ускорение свободного падения, м/с²;

μ — вязкость среды, Па·с; $\mu = 1,81 \cdot 10^{-4}$ Па·с.

Исходя из броуновского движения скорость коагуляции выражается уравнением

$$\frac{dN}{dt} = \frac{4KT}{3\mu} \left(1 + \frac{Al}{r} \right) N^2, \quad (2)$$

где N — число частиц заданного радиуса;

dN/dt — количество частиц, вступивших в коагуляцию за единицу времени;

K — константа Больцмана;

T — температура окружающей среды, °С;

$T = 70$ °С;

A — поправочный коэффициент Стокса – Куни-хема;

l — длина свободного пробега молекулы, нм;

$l = 65,3$ нм.

Таблица 4. Скорость седиментации и коагуляции твердых частиц аэрозоля**Table 4.** Speed of sedimentation and coagulation of aerosol particulate matter

r , мкм r , μm	W_g , м/с W_g , m/s	Скорость коагуляции твердых частиц аэрозоля при горении древесины The speed of the coagulation of aerosol particulate matter during combustion of wood					
		исходной original	модифицированной / modified by				
			ДМФ DMF	ДЭФ DEP	ДФФ DFF	ДБФ DBF	ПФА-1 PFA-1
0,2	$2,16 \cdot 10^{-7}$	$1,40 \cdot 10^{-8}$	$3,17 \cdot 10^{-8}$	$5,76 \cdot 10^{-8}$	$1,10 \cdot 10^{-8}$	$2,0 \cdot 10^{-8}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$
3,0	$4,87 \cdot 10^{-5}$	$1,51 \cdot 10^{-10}$	$2,69 \cdot 10^{-10}$	$2,67 \cdot 10^{-10}$	$3,80 \cdot 10^{-10}$	$1,0 \cdot 10^{-9}$	$3,9 \cdot 10^{-10}$
10,0	$5,40 \cdot 10^{-4}$	$9,16 \cdot 10^{-12}$	$1,10 \cdot 10^{-11}$	$5,20 \cdot 10^{-12}$	$8,50 \cdot 10^{-12}$	$1,5 \cdot 10^{-11}$	$1,0 \cdot 10^{-11}$
15,0	$1,20 \cdot 10^{-3}$	$1,99 \cdot 10^{-12}$	$1,14 \cdot 10^{-12}$	$1,70 \cdot 10^{-15}$	$2,34 \cdot 10^{-12}$	$1,5 \cdot 10^{-12}$	$1,4 \cdot 10^{-13}$
$\Delta m_{\text{общ}}$, г / Δm_{agg} , г		2,60	2,30	1,55	2,45	2,74	2,25

Таблица 5. Энергетические характеристики поверхности модифицированной древесины**Table 5.** Energy characteristics of surface modified wood

Показатель Significative	Исходный образец Original wood	Древесина, модифицированная Wood modified by				
		ДМФ DMF	ДЭФ DEP	ДФФ DFF	ДБФ DBF	ПФА-1 PFA-1
$\sigma \cdot 10^3$, Н/м / $\sigma \cdot 10^3$, N/m	25,33/16,71	19,91/19,07	25,03/24,06	23,03/19,07	22,36/17,36	20,05/22,24
ΔG , кДж / ΔG , kJ	—	–12,68/14,31	–14,5/–14,48	–10,16/–13,69	–6,97/2,43	–2,71/12,35
Примечание. Над чертой приведены данные для древесины до термического разложения, под чертой — после него. Note. Above the line are data for wood before thermal decomposition, under the line is after him.						

Число частиц твердой дисперсной фазы аэрозоля было получено на основании массы твердой дисперсной фазы аэрозоля $\Delta m_{\text{общ}}$ и распределения частиц по размерам. Результаты расчета кинетических параметров аэрозоля представлены в табл. 4.

В зависимости от модификатора поверхностного слоя древесины наблюдается изменение скорости коагуляции. Для частиц радиусом 0,2 мкм скорость коагуляции возрастает в 3–4 раза при использовании ДМФ и ДЭФ. В случае применения ДФФ и ДБФ скорость коагуляции изменяется незначительно, что определяется природой модификаторов при фосфорильной группе. ПФА-1 является соевым компонентом, при использовании которого обеспечивается быстрая коагуляция частиц малого размера и малая скорость коагуляции крупных частиц. С увеличением радиуса частиц скорость их коагуляции при использовании ДЭФ значительно уменьшается, что связано с малой концентрацией крупноразмерных частиц и наименьшей общей массой частиц аэрозоля, образующегося при термическом разложении древесины, модифицированной ДЭФ.

Для изучения принципа дымогасящего действия модификаторов проведено исследование свойств поверхностного слоя модифицированной древесины и изменения его вследствие термического разло-

жения на основании энергетических характеристик поверхности модифицированной древесины до и после термического разложения. Расчет изменения изобарно-изотермического потенциала ΔG (кДж) был выполнен с использованием объединенного уравнения I–II начал термодинамики [22–24]:

$$\Delta G = \sigma dS_{\text{уд}} + S_{\text{уд}} d\sigma, \quad (3)$$

где σ — поверхностное натяжение образца, Н/м;
 $S_{\text{уд}}$ — удельная площадь поверхности образцов, м²/г.

Полученные в результате испытаний и расчетов данные приведены в табл. 5.

Данные табл. 5 показывают, что поверхность образца древесины, модифицированной ДЭФ, обладает наибольшей устойчивостью при термическом разложении, так как она характеризуется наибольшим поверхностным натяжением, а отклонения значений ΔG до и после термического разложения близки к нулю.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Кинетические параметры седиментации и коагуляции аэрозолей, образующихся при термическом разложении модифицированной древесины, зависят от природы модификатора. В ряду эфиров фосфористой кислоты наилучшим является ДЭФ, кото-

рый определяет наибольшую скорость разрушения аэрозоля дыма. Природа модификатора влияет на свойства поверхности древесины. При модифицировании происходит увеличение поверхностного натяжения. Изменение изобарно-изотермического потенциала характеризует устойчивость модифицированной поверхности, что количественно опреде-

ляется суммарной массой твердых частиц дисперсной фазы аэрозоля дыма, а также уменьшением максимального диаметра частиц. Таким образом, модифицирование древесины эфирами фосфористой кислоты уменьшает дымообразующую способность, что обуславливает снижение уровня гибели людей при пожаре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукьянов А. М., Корольченко Д. А., Агапов А. Г. О пожароопасности древесины при возведении мостов // Мир транспорта. — 2012. — № 4(42). — С. 158–164.
2. Покровская Е. Н. Сохранение памятников деревянного зодчества с помощью элементоорганических соединений. — М. : Изд-во АСВ, 2009. — 136 с.
3. Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б. Горение древесины и ее пожароопасные свойства : монография. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2010. — 262 с.
4. Шахов С. В., Сухарев И. Н., Шубкин С. Ю. Аспекты термического разложения древесины при образовании копильного дыма // Современные проблемы развития фундаментальных и прикладных наук : материалы II Международной научно-практической конференции (25 февраля 2016 г., г. Прага). — С. 64–70.
5. Young C. J., Moss J. Smoke inhalation: Diagnosis and treatment // Journal of Clinical Anesthesia. — 1989. — Vol. 1, No. 5. — P. 377–386. DOI: 10.1016/0952-8180(89)90079-2.
6. Shusterman D. J. Clinical smoke inhalation injury: systemic effects // Occupational Medicine. — 1993. — No. 8(3). — P. 469–502.
7. Евстифеева С. Д., Тихомирова З. В., Самошина Е. А. Отравление угарным газом при пожарах // Успехи современного естествознания. — 2013. — № 9. — С. 118.
8. Canter D. An overview of human behaviour in fires // Fires and human behavior / Canter D. (ed.). — London : David Fulton Publisher, 1990. — P. 205–234.
9. Bryan J. L. Implications for codes and behaviour models from the analysis of behaviour response patterns in fire situations as selected from the Project People and Project People II study programs : NBS-GCR-83-425. — Washington : National Bureau of Standards, March 1983.
10. Paabo M., Levin B. C. A literature review of the chemical nature and toxicity of the decomposition products of polyethylenes // Fire and Materials. — 1987. — Vol. 11, Issue 2. — P. 55–70. DOI: 10.1002/fam.810110203.
11. Levin B. C., Kuligowski E. D. Toxicology of fire and smoke // Inhalation Toxicology / Salem H., Katz S. A. (eds.). — Boca Raton, FL : CRC Press (Taylor and Francis Group), 2005. — 2nd ed. — P. 205–228. DOI: 10.1201/9781420037302.ch10.
12. Butcher E. G., Parnell A. C. Smoke control in fire safety design. — London : E. & F. N. Spon, 1979. — 178 p.
13. Edgerley P. G., Pettett K. The effect of pyrolysis and combustion temperatures on smoke density // Fire and Materials. — 1978. — Vol. 2, No. 1. — P. 11–17. DOI: 10.1002/fam.810020105.
14. Orzel R. A. Toxicological aspects of firesmoke: polymer pyrolysis and combustion // Occupational Medicine. — 1993. — No. 8(3). — P. 414–429.
15. Покровская Е. Н., Портнов Ф. А., Кобелев А. А., Корольченко Д. А. Дымообразующая способность и токсичность продуктов сгорания древесных материалов при поверхностном модифицировании элементоорганическими соединениями // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2013. — Т. 22, № 10. — С. 40–45.
16. Тимошенко В. И., Чернов Н. Н., Лупандина М. А. Макропроцесс акустического осаждения тонкодисперсных дымов // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2013. — № 9. — С. 220–223.
17. Богилло В. И. Влияние фазового состава атмосферных аэрозолей на кинетику их взаимодействия с летучими примесями // Хімія, фізика та технологія поверхні [Химия, физика и технология поверхности]. — 2011. — Т. 2, № 1. — С. 61–75.
18. Алоян А. Е. Моделирование динамики и кинетики газовых примесей и аэрозолей в атмосфере : монография. — М. : Наука, 2008. — 415 с.
19. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. — М. : Химия, 1982. — 400 с.
20. Seinfeld J. H., Pandis S. N. Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change. — New York : John Wiley & Sons, Inc., 2006. — 1248 p.

21. Aloyan A. E., Lushnikov A. A., Makarenko S. V., Marchuk G. I., Zagainov V. A. Mathematical modelling of the atmospheric aerosol transfer with coagulation taken into account // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. — 1993. — Vol. 8, No. 1. — P. 17–30. DOI: 10.1515/rnam.1993.8.1.17.
22. Tutygin A. S., Shinkaruk A. A., Aisenstadt A. M., Lesovik V. S. Ecological risks reduction in the production of concrete composites // Journal of International Scientific Publications: Ecology and Safety. — 2014. — Vol. 8. — P. 54–61.
23. Tutygin A. S., Shinkaruk A. A., Aisenstadt A. M., Frolova M. A., Pospelova T. A. Ways to increase and monitor bearing capacity of soils // Journal of International Scientific Publications: Ecology and Safety. — 2013. — Vol. 7, Part 1. — P. 37–45.
24. Айзенштадт А. М. Термодинамическая оптимизация состава нанокompозитов горных пород // Инновационные материалы и технологии для строительства в экстремальных климатических условиях : материалы I Всероссийской научно-технической конференции. — Архангельск : САФУ, 2014. — С. 37–44.

Материал поступил в редакцию 8 ноября 2017 г.

Для цитирования: Покровская Е. Н., Портнов Ф. А. Кинетические параметры аэрозолей дыма при горении модифицированной древесины // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2017. — Т. 26, № 12. — С. 6–13. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.6-13.

English

KINETIC PARAMETERS OF AEROSOL SMOKE DURING MODIFIED WOOD COMBUSTION

POKROVSKAYA E. N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Department of Integrated Safety in Civil Engineering, National Research Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail: elenapokrovskaya@bk.ru)

PORTNOV F. A., Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of Department of Integrated Safety in Civil Engineering, National Research Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail: wastingtimefilmart@gmail.com)

ABSTRACT

The most hazardous factors of fire are smoke and toxic products of thermal decomposition. In case of fire it's going smoke evacuation routes. During the fire the person may be at risk of disorientation and panic. Smoke is aerosol formed during thermal decomposition of materials. The object of study is timber, which is widely used in construction. Currently, the influence of wood and wood surface layer modifiers on smoke-forming ability was studied. The impact of wood surface layer modifiers on properties of aerosols remains poorly studied. Objective is to evaluate the influence of modifiers of the surface layer of wood on the formation and stability of aerosol smoke. In the work of elemental analysis method was used to assess the modifying action of selected esters of acids of phosphorus. It is known that these compounds are effective flame-retardants, and provide the biostability of wood. Granulometric analysis conducted to evaluate the properties of aerosol. It was used the method of "neutral drop" to evaluate the energy characteristics of surface modified wood. As a result of the elemental analysis the percentage of phosphorus in surface layer of wood before and after thermal decomposition was obtained. These data lead to the conclusion about high efficiency and stability of thermal effects of diethyl phosphite as a modifier. Based on granulometric analysis particulate aerosol distribution by size was obtained. Using of the selected modifiers decreases the maximum size of the aerosol particles, which reduces the optical smoke density. Esters of phosphorus acids affect the kinetic parameters of the aerosol. The greatest influence on the reduction of stability of aerosol provides diethyl phosphite. Aerosol formation, has a smaller particle size, occurs when the thermal

decomposition of modified wood with thermally stable surface. Thus modifying wood by ethers of phosphorous acid reduces the propensity to smoke ability that determines the decrease of death in case of fire.

Keywords: aerosol; smoke; timber; modification; thermodynamics; surface layer; organophosphorus compounds; aerosol stability.

REFERENCES

1. Lukyanov A. M., Korolchenko D. A., Agapov A. G. Fire hazards of the timber during bridge construction. *Mir transporta / World of Transport and Transportation*, 2012, no. 4(42), pp. 158–164 (in Russian).
2. Pokrovskaya E. N. *Sokhraneniye pamyatnikov derevyannogo zodchestva s pomoshchyu elementoorganicheskikh soyedineniy* [Preservation of monuments of wooden architecture with the help of organo-element compounds]. Moscow, ASV Publ., 2009. 136 p. (in Russian).
3. Aseeva R. M., Serkov B. B., Sivenkov A. B. *Goreniye drevesiny i yeye pozharoopasnyye svoystva* [Burning wood and its fire behavior]. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2010. 262 p. (in Russian).
4. Shahov S. V., Sukharev I. N., Shubkin S. Yu. Aspects of thermal decomposition of wood with formation of smoke. In: *Sovremennyye problemy razvitiya fundamentalnykh i prikladnykh nauk* [Prospects for the development of fundamental and applied sciences]. Proceedings of II International Scientific and Practical Conference (February 25, 2016, Prague), pp. 64–70 (in Russian).
5. Young C. J., Moss J. Smoke inhalation: Diagnosis and treatment. *Journal of Clinical Anesthesia*, 1989, vol. 1, no. 5, pp. 377–386. DOI: 10.1016/0952-8180(89)90079-2.
6. Shusterman D. J. Clinical smoke inhalation injury: systemic effects. *Occupational Medicine*, 1993, no. 8(3), pp. 469–502.
7. Evstifeeva S. D., Tikhomirova Z. V., Samoshina E. A. Carbon monoxide poisoning in fires. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya / Advances in Current Natural Sciences*, 2013, no. 9, p. 118 (in Russian).
8. Canter D. An overview of human behaviour in fires. In: Canter D. (ed.). *Fires and human behavior*. London, David Fulton Publisher, 1990, pp. 205–234.
9. Bryan J. L. *Implications for codes and behaviour models from the analysis of behaviour response patterns in fire situations as selected from the Project People and Project People II study programs*. NBS-GCR-83-425. Washington, National Bureau of Standards, March 1983.
10. Paabo M., Levin B. C. A literature review of the chemical nature and toxicity of the decomposition products of polyethylenes. *Fire and Materials*, 1987, vol. 11, issue 2, pp. 55–70. DOI: 10.1002/fam.810110203.
11. Levin B. C., Kuligowski E. D. Toxicology of fire and smoke. In: Salem H., Katz S. A. (eds.). *Inhalation Toxicology*. 2nd Edition. Boca Raton, FL, CRC Press (Taylor and Francis Group), 2005, pp. 205–228. DOI: 10.1201/9781420037302.ch10.
12. Butcher E. G., Parnell A. C. *Smoke control in fire safety design*. London, E. & F. N. Spon, 1979. 178 p.
13. Edgerley P. G., Pettett K. The effect of pyrolysis and combustion temperatures on smoke density. *Fire and Materials*, 1978, vol. 2, no. 1, pp. 11–17. DOI: 10.1002/fam.810020105.
14. Orzel R. A. Toxicological aspects of firesmoke: polymer pyrolysis and combustion. *Occupational Medicine*, 1993, no. 8(3), pp. 414–429.
15. Pokrovskaya E. N., Portnov F. A., Kobelev A. A., Korolchenko D. A. The smoke generation property and combustion products toxicity of wood which was modified by organoelemental compounds. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 10, pp. 40–45 (in Russian).
16. Timoshenko V. I., Chernov N. N., Lupandina M. A. Macroprocess acoustic precipitation fine fumes. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskiye nauki / Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*, 2013, no. 9, pp. 220–223 (in Russian).
17. Bogillo V. I. Influence of phase composition of atmospheric aerosols on the interaction kinetics with volatile impurities. *Himija, fizika ta tehnologija poverhni / Chemistry, Physics and Technology of Surface*, 2011, vol. 2, no. 1, pp. 61–75 (in Russian).
18. Aloyan A. E. *Modelirovaniye dinamiki i kinetiki gazovykh primesey i aerorozley v atmosfere* [Modeling of dynamics and kinetics of gas impurities and aerosols in the atmosphere]. Moscow, Nauka Publ., 2008. 415 p. (in Russian).
19. Frolov Yu. G. *Kurs kolloidnoy khimii* [Colloid chemistry course]. Moscow, Khimiya Publ., 1982. 400 p. (in Russian).

20. Seinfeld J. H., Pandis S. N. *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*. New York, John Wiley & Sons, Inc., 2006. 1248 p.
21. Aloyan A. E., Lushnikov A. A., Makarenko S. V., Marchuk G. I., Zagainov V. A. Mathematical modelling of the atmospheric aerosol transfer with coagulation taken into account. *Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling*, 1993, vol. 8, no. 1, pp. 17–30. DOI: 10.1515/rnam.1993.8.1.17.
22. Tutygin A. S., Shinkaruk A. A., Aisenstadt A. M., Lesovik V. S. Ecological risks reduction in the production of concrete composites. *Journal of International Scientific Publications: Ecology and Safety*, 2014, vol. 8, pp. 54–61.
23. Tutygin A. S., Shinkaruk A. A., Aisenstadt A. M., Frolova M. A., Pospelova T. A. Ways to increase and monitor bearing capacity of soils. *Journal of International Scientific Publications: Ecology and Safety*, 2013, vol. 7, part 1, pp. 37–45.
24. Ayzenshtadt A. M. Thermodynamic optimization of the composition of rocks nanocomposites. In: *Innovatsionnyye materialy i tekhnologii dlya stroitelstva v ekstremalnykh klimaticheskikh usloviyakh* [Innovative materials and technologies for building industry in extreme climate]. Proceedings of I International Scientific Conference. Arkhangelsk, Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov Publ., 2014, pp. 37–44 (in Russian).

For citation: Pokrovskaya E. N., Portnov F. A. Kinetic parameters of aerosol smoke during modified wood combustion. *Pozharovzryvbezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 12, pp. 6–13 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.6-13.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу



Д. Г. Пронин, Д. А. Корольченко ДЕЛЕНИЕ ЗДАНИЙ НА ПОЖАРНЫЕ ОТСЕКИ : учебное пособие.

— М. : Издательство "ПОЖНАУКА", 2014. — 40 с. : ил.

В учебном пособии изложены базовые основы, действующие требования и современные представления о целях, задачах и способах ограничения распространения пожара по зданиям и сооружениям путем их разделения на пожарные отсеки.

Пособие предназначено для студентов Московского государственного строительного университета. Оно может быть использовано также другими образовательными учреждениями и практическими работниками, занимающимися вопросами обеспечения пожарной безопасности.

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

О. В. БЕЗЗАПОННАЯ, канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник адъюнктуры, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: bezzaponnay@mail.ru)

Е. В. ГОЛОВИНА, адъюнкт, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: ekaterinagolovina@yandex.ru)

А. Ю. АКУЛОВ, канд. техн. наук, доцент, начальник адъюнктуры, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: akulov-07@mail.ru)

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

С. В. ШАРАПОВ, д-р техн. наук, профессор, начальник Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности (НИИПИИИТвОБЖ), Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия, 193079, г. Санкт-Петербург, Октябрьская наб., 35)

Е. В. КАЛАЧ, канд. техн. наук, доцент кафедры физики, Воронежский институт ГПС МЧС России (Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231; e-mail: EVKalach@gmail.com)

УДК 614.841.34

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ТЕРМОРАСШИРЯЮЩИХСЯ СОСТАВОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Приведены результаты исследований вспучивающихся огнезащитных составов различной химической природы, полученных в инертной среде аргона и в окислительной среде воздуха методом синхронного термического анализа (Nietzsch STA 449 F5 Jupiter®). Установлено, что значения температур максимумов на кривых дифференциальной термогравиметрии (ДТГ-пиков) в окислительной среде смещены в область меньших значений. Показано, что скорость потери массы в окислительной среде на 6–15 % выше, чем в инертной, что свидетельствует о протекании не только процесса термодеструкции, но и термоокислительной деструкции компонентов интумесцентных композиций. Выявлено, что наибольшая скорость потери массы для всех анализируемых огнезащитных составов и, соответственно, наибольшая интенсивность процесса интумесценции с выделением газов и образованием пенококса наблюдаются в интервале температур 300–410 °С. Установлено, что самой высокой скоростью потери массы отличается огнезащитный состав, представляющий собой водно-дисперсную винилацетатную краску, что свидетельствует о выделении большого количества газов в ходе термоокислительной деструкции. Этот же материал отличается самым низким значением коксового остатка, являющегося показателем термостойкости пенококса. Предложены пути совершенствования анализируемых огнезащитных материалов.

Ключевые слова: огнезащитные составы интумесцентного типа; металлические конструкции; синхронный термический анализ; горючесть; коксовый остаток; кислородный индекс; антипирены; стабилизация; армирование.

DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.14-24

Введение

При строительстве объектов нефтегазового комплекса широко используются металлические конструкции (емкости для хранения нефтепродуктов, технологические трубопроводы, конструкции насосных и компрессорных цехов и др.), характеризующиеся высокой прочностью, долговечностью и от-

носительной легкостью. Однако при воздействии высоких температур, развивающихся во время пожара, они деформируются, теряют устойчивость и несущую способность. При этом необходимо отметить, что объекты нефтегазового комплекса являются источником повышенной взрывопожароопасности, связанной с добычей, обработкой и транс-

портировкой легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, а также взрывоопасных газов. Кроме того, к разрабатываемым огнезащитным материалам, применяемым в нефтегазовом комплексе, предъявляются более строгие требования: обеспечение огнезащиты как в условиях стандартного пожара, так и в условиях углеводородного пожара; обладание повышенной стойкостью к агрессивным средам (коррозионной устойчивостью) и воздействию атмосферных условий. В связи с этим огнезащита металлических конструкций является одной из актуальных проблем увеличения огнестойкости металлоконструкций и повышения пожарной безопасности защищаемых объектов в целом.

В последние годы в качестве огнезащитных средств для металлических конструкций в различных отраслях промышленности наиболее широко применяются вспучивающиеся (интумесцентные) материалы благодаря высоким огнезащитным свойствам, долговечности, относительной “экологичности” (отсутствию выделения токсичных веществ при горении), легкости и скорости монтажа.

Явление вспучивания в процессе воздействия высоких температур происходит под действием одновременно вспенивания и карбонизации горящей полимерной системы. Образующийся пенококсовый объем, в 20–40 раз превышающий первоначальный объем покрытия, и выполняет сразу несколько функций: выступает в качестве физического барьера, снижающего тепло- и массоперенос от газовой фазы к поверхности металла; затрудняет поступление горючих газов, выделяющихся в ходе термодеструкции огнезащитного материала в пламенную зону; препятствует диффузии кислорода воздуха во внутренние слои пенококсового покрытия для протекания нежелательных процессов окисления компонентов огнезащитной композиции. Химические процессы, протекающие в ходе термоокислительной и термодеструкции огнезащитного материала, приводят к выделению инертных по отношению к горению газов (диоксида углерода, паров воды, азота), что способствует флегматизации горения и охлаждению нагретых слоев материала. Кроме того, происходит ингибирование активных радикалов, образующихся при термоллизе состава за счет взаимодействия с радикалами ингибиторов, присутствующими в составе. И самым эффективным фактором, приводящим к снижению температуры как огнезащитного состава, так и защищаемой металлической конструкции, является эндотермический эффект последовательно и параллельно протекающих химических процессов и фазовых превращений, претерпеваемых огнезащитной композицией в ходе термодеструкции состава и образования пенококсов. Чем больше суммарный эндотермический эффект протекающих процессов, тем

эффективнее работает огнезащитный состав. Для образующегося пенококсового важно, чтобы его теплопроводность была как можно ниже, а удельная теплоемкость — выше. При образовании пенящегося огнезащитного слоя теплопередача в сторону подложки уменьшается до 100 раз [1].

Для конструкций из стали без огнезащиты предел огнестойкости, как правило, не превышает 15 мин. С помощью современных огнезащитных тонкослойных покрытий можно повысить предел огнестойкости конструкции до 90 мин и более при толщине покрытия 4–5 мм [2]. Однако в соответствии с нормативными требованиями и практикой пожаротушения предел огнестойкости должен быть еще выше (120 мин и более). В связи с этим перед исследователями стоят сложные задачи как по совершенствованию существующих составов, так и по разработке новых, более эффективных огнезащитных композиций.

Испытания на огнезащитную эффективность различных по своей химической природе огнезащитных покрытий проводятся в соответствии с ГОСТ 53295–2009. Однако это требует наличия сложной установки, больших финансовых затрат и зачастую просто недоступно. Многие характеристики огнезащитных составов, влияющие на огнезащитную эффективность, в частности термостойкость, характеризующаяся потерей массы и величиной коксового или зольного остатка, а также горючесть (величина экзотермического эффекта термоокислительной деструкции) огнезащитных композиций, могут быть определены с помощью метода термического анализа. Основными способами повышения термостойкости, снижения горючести и, как следствие, повышения огнезащитной эффективности полимерных вспучивающихся составов являются: дополнительное введение в полимерную матрицу полимерной добавки, трансформирующейся при воздействии высоких температур в полимерные цепи полиариленов, после конденсации которых образуется кокс [3]; введение ингибиторов газофазных реакций горения [4]; применение антипиренов, эффективность которых значительно повышается в результате образования активных частиц в широком интервале температур, совпадающем с температурами разложения большого числа полимеров [3–5]; введение наполнителей (алюмосиликатов, графита), снижающих горючесть полимерной интумесцентной композиции [6, 7]; применение таких стабилизаторов, как силикаты [8, 9], органосилоксаны и полиорганосилоксаны, при термоллизе которых образуется керамическое покрытие [3]; введение соединений, уменьшающих выход газообразных продуктов деструкции и направляющих процесс деструкции по пути образования кокса [10]; приме-

нение добавок, влияющих на теплоемкость и теплопроводность либо разлагающихся с поглощением тепла [3, 10]; дополнительное армирование (стекловолокном, базальтовым волокном, муллитокремнеземной ватой и др.) [11, 12]. Однако поиск наиболее эффективной рецептуры для каждой конкретной огнезащитной композиции является индивидуальной и достаточно сложной задачей. При совершенствовании огнезащитных материалов необходимо учитывать, что введение различных добавок, повышающих термостойкость, зачастую приводит к снижению коэффициента вспучивания интумесцентной композиции.

Целью настоящей работы является анализ огнезащитных составов интумесцентного типа различной химической природы и поиск возможных способов повышения их термостойкости, снижения горючести и, как следствие, повышения огнезащитной эффективности.

Материалы и методы исследований

Исследование образцов огнезащитных материалов проводили методом синхронного термического анализа (Nietzsch STA 449 F5 Jupiter®) в платиновых тиглях в интервале температур 25–900 °С, со скоростью нагрева 20 °С/мин. Форма образца — диск диаметром 5 мм, толщиной 0,2 мм и массой 5–6 мг.

В ходе комплексного термического анализа исследовались образцы огнезащитных материалов интумесцентного типа различной химической при-

роды разных производителей: огнезащитный состав А1 представлял собой органоразбавляемую акриловую композицию, В2 — водно-дисперсную винилацетатную краску, Э3 — органоразбавляемую эпоксидную композицию, Д4 — краску на основе органического растворителя.

Результаты исследований и их обсуждение

Термограммы анализируемых огнезащитных составов в инертной среде аргона и в атмосфере воздуха представлены на рис. 1–8. Результаты, полученные после обработки экспериментальных кривых с помощью программного обеспечения Proteus, представлены в табл. 1.

Термограммы огнезащитных составов интумесцентного типа характеризуются комплексом последовательных эндо- и экзопиков и постепенной потерей массы в широком интервале температур. Термограммы огнезащитных составов, полученные в атмосфере воздуха, отличаются от термограмм, полученных в аргоне, наличием ярко выраженных экзотермических пиков (особенно для образцов В2 и Э3), свидетельствующих о протекании процесса окисления (горения) образовавшихся пенококсов.

Температуры максимумов на кривых дифференциальной термогравиметрии (ДТГ-пиков) в окислительной среде смещены в область меньших значений (за исключением образца Д4), т. е. в присутствии кислорода воздуха процесс интумесценции начинается раньше (при меньших температурах).

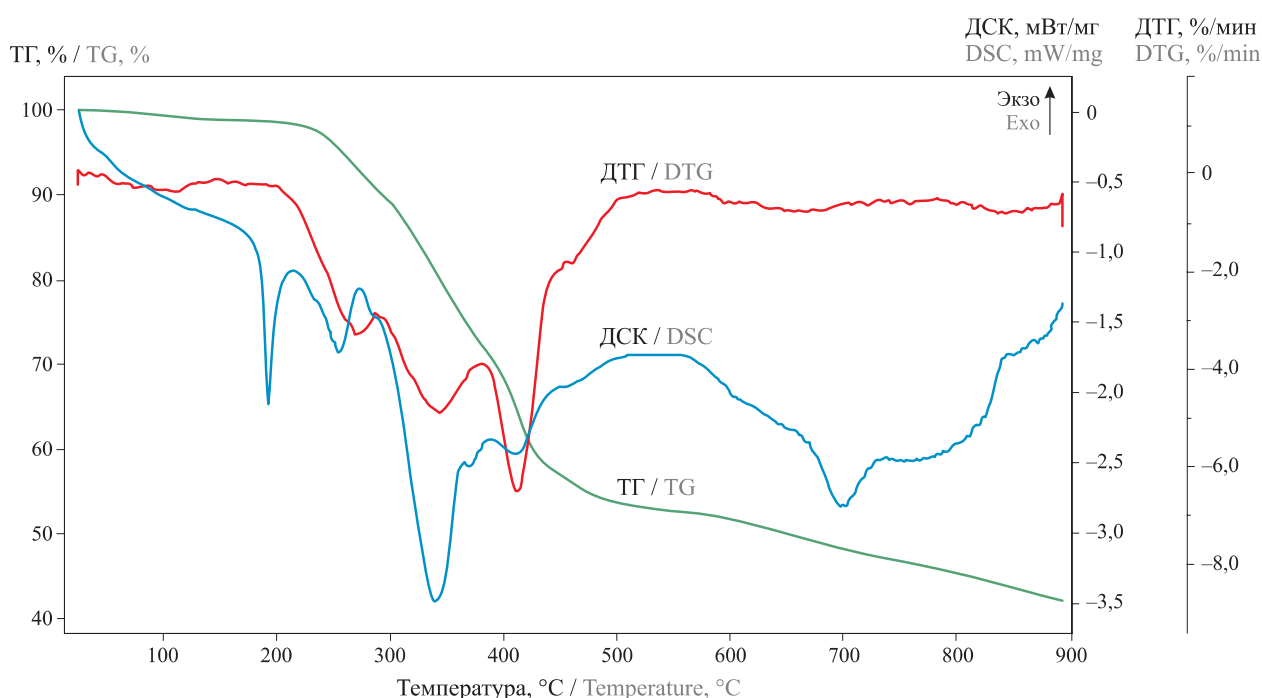


Рис. 1. Термограмма огнезащитного материала А1 в атмосфере аргона

Fig. 1. Thermogram of fire-retardant material A1 in an argon atmosphere

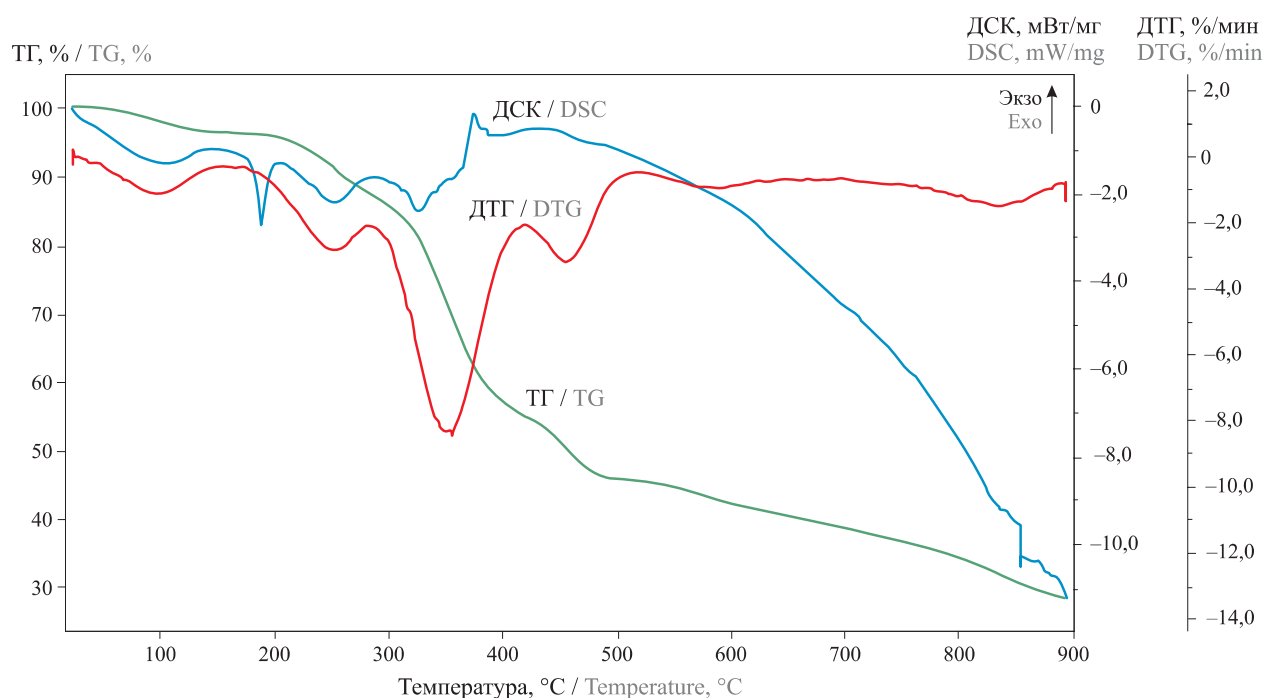


Рис. 2. Термограмма огнезащитного материала В2 в атмосфере аргона

Fig. 2. Thermogram of fire-retardant material V2 in an argon atmosphere

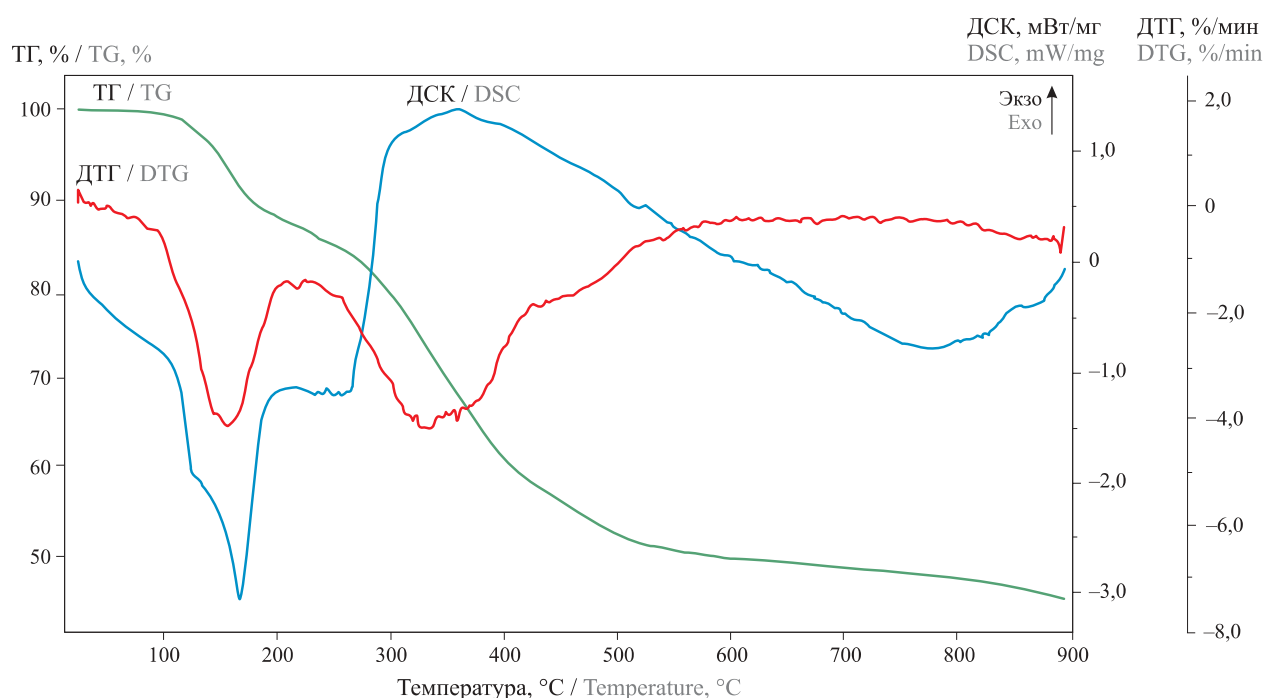


Рис. 3. Термограмма огнезащитного материала Э3 в атмосфере аргона

Fig. 3. Thermogram of the fire-retardant material E3 in an argon atmosphere

Скорость потери массы в окислительной среде на 6–15 % выше, чем в инертной, что свидетельствует о протекании не только процесса термодеструкции, но и термоокислительной деструкции компонентов интумесцентных композиций. Наибольшая скорость потери массы и, соответственно, максимальная интенсивность процесса интумесценции с выделени-

ем газов и образованием пенококса наблюдается в интервале температур 300–410 °C. Самой высокой скоростью потери массы отличается образец В2, что свидетельствует о выделении большого количества газов в ходе термоокислительной деструкции огнезащитной композиции. Этот же материал характеризуется самым низким коксовым остатком,

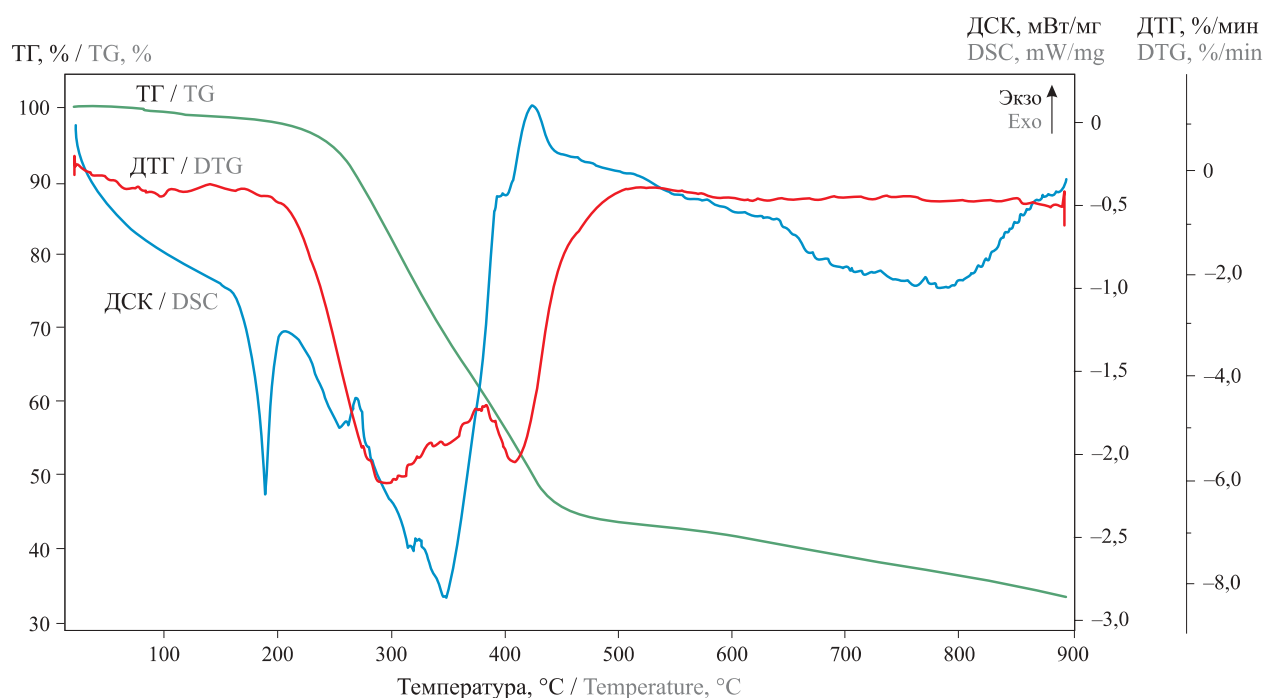


Рис. 4. Термограмма огнезащитного материала Д4 в атмосфере аргона

Fig. 4. Thermogram of fire-retardant material D4 in an argon atmosphere

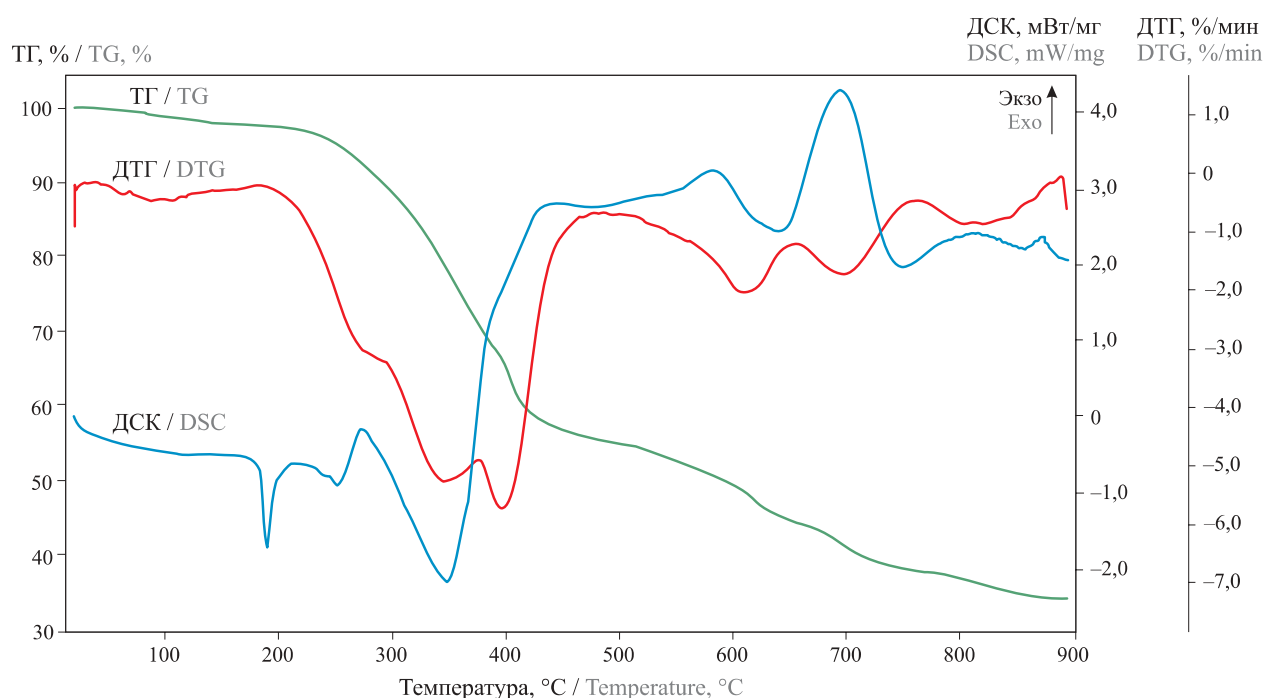


Рис. 5. Термограмма огнезащитного материала А1 в атмосфере воздуха

Fig. 5. Thermogram of fire-retardant material A1 in air atmosphere

что свидетельствует о его низкой термостойкости. Для уменьшения скорости потери массы и структурирования образующегося пенококса самым простым и дешевым способом его совершенствования может стать применение инертных наполнителей и армирование огнезащитной композиции, что, вероятно, приведет к некоторому снижению коэффици-

ента вспучивания. Разумный баланс может быть найден подбором оптимального содержания добавки.

Анализ ДТГ-кривых в окислительной среде позволил также определить температуры начала вспучивания исследуемых материалов: для образцов В2 и Д4 — 210 °C, для образцов А1 и Э3 — 220 °C. Для эффективной огнезащиты, особенно в условиях уг-

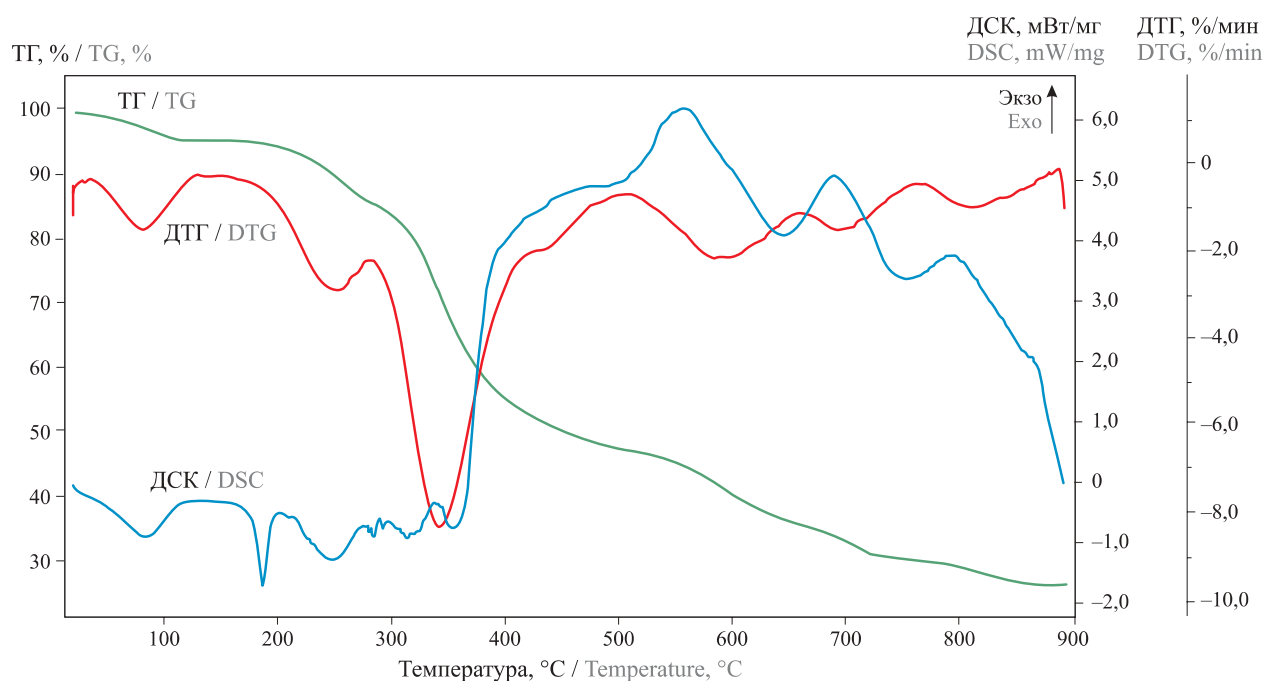


Рис. 6. Термограмма огнезащитного материала В2 в атмосфере воздуха

Fig. 6. Thermogram of fire-retardant material B2 in air atmosphere

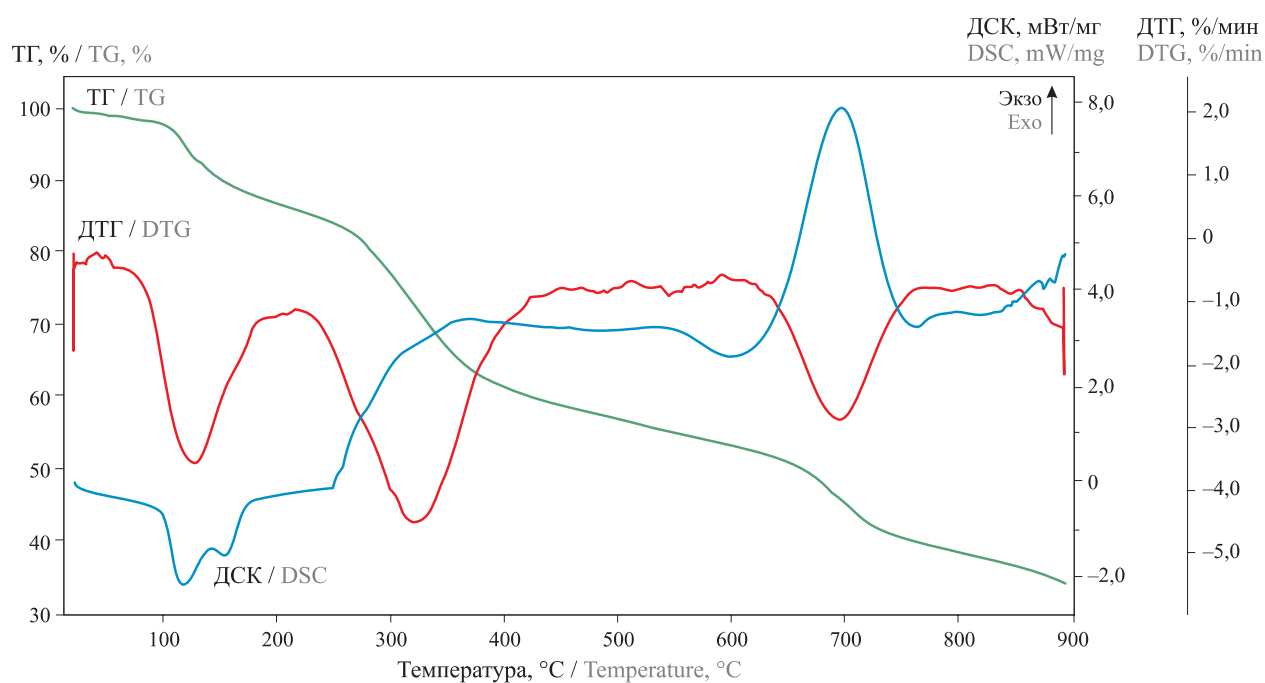


Рис. 7. Термограмма огнезащитного материала Э3 в атмосфере воздуха

Fig. 7. Thermogram of fire-retardant material Э3 in air atmosphere

леводородного пожара, целесообразно понижение температуры начала вспучивания, чтобы огнезащитный состав начинал “работать” раньше, не допуская быстрого нагрева защищаемых конструкций.

Анализ результатов термического анализа свидетельствует о достаточно высоких значениях коксового остатка (28–42 %), особенно для образца Э3. Зольный остаток для всех анализируемых материа-

лов, как и следовало ожидать, имеет несколько меньшие значения, что говорит в пользу протекания процесса окисления (горения) анализируемых огнезащитных композиций в окислительной среде. Наибольшая разница между КО и ЗО также характерна для образца Э3, представляющего собой органоразбавляемую эпоксидную композицию, что вполне закономерно, поскольку эпоксидные полимеры яв-

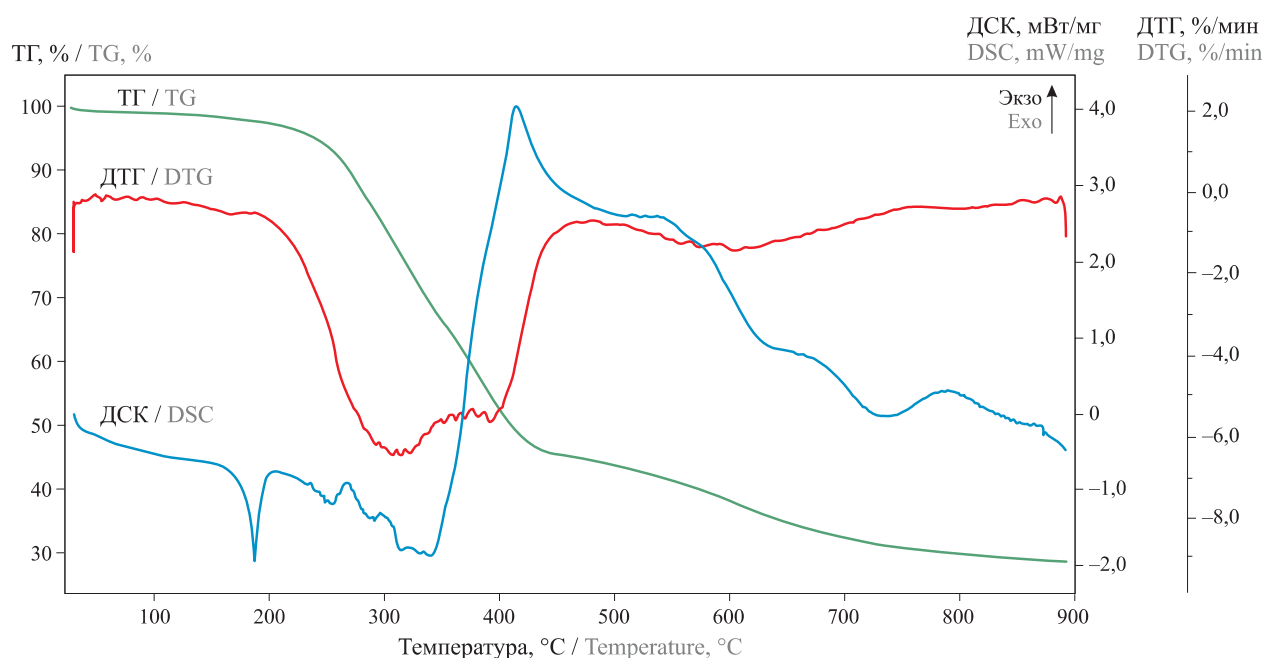


Рис. 8. Термограмма огнезащитного материала Д4 в атмосфере воздуха

Fig. 8. Thermogram of fire-retardant material D4 in air atmosphere

ляются горючими материалами. Горючесть эпоксидных смол обусловлена тем, что продуктами термодеструкции являются летучие продукты, содержащие значительное количество горючих соединений (оксид углерода, ацетон, формальдегид, ацетальдегид) [10, 13, 14]. Таким образом, для повышения огнезащитной эффективности эпоксидной композиции, по мнению авторов статьи, целесообразно введение компонентов, снижающих горючесть этого материала, например минеральных наполнителей, добавок, повышающих теплоемкость и уменьшающих

теплопроводность материала, а также применение антипиренов. Наиболее эффективными для эпоксидных смол являются фосфорсодержащие антипирены, введение которых (5–6 % масс.) [12, 14–16] приводит к более интенсивному образованию карбонизованного слоя [17, 18]. В качестве таких антипиренов используются самые разнообразные соединения, начиная от красного фосфора и заканчивая фосфорсодержащими полиэфирами и полифосфазе-нами [10, 19]. Фосфонаты также выполняют функцию дымоподавителей для эпоксидных полимеров.

Таблица 1. Результаты анализа огнезащитных составов методом синхронного термического анализа

Table 1. Results of the analysis of flame retardants by the method of synchronous thermal analysis

Код образца Sample Code	КО/ЗО, % CR/AR, %	$T_{\text{ДТГ max}}, ^\circ\text{C}$ $T_{\text{DTG max}}, ^\circ\text{C}$	$v_{\text{ДТГ max}}, \%/ \text{мин}$ $v_{\text{DTG max}}, \%/ \text{min}$	$\Sigma Q_{\text{эндотермических}}, \text{Дж/г}$ $\Sigma Q_{\text{endo peaks}}, \text{J/g}$	$\Sigma Q_{\text{экзотермических}}, \text{Дж/г}$ $\Sigma Q_{\text{exo peaks}}, \text{J/g}$
1	2	3	4	5	6
A1	42,14/34,3	410,8/398,3	4,89/5,75	–1065,5/–573,13	–/1039,8
B2	28,62/25,93	356,4/345,3	8,46/8,30	–264,6/–219,1	416,6/4896,0
Э3	45,40/33,74	332,6/323,8	4,18/4,51	–167,1/–195,9	2003,0/2661,9
Д4	33,25/28,71	299,4/313,4	6,10/6,47	–282,1/–253,1	884,8/2582,0

Примечания: 1. КО, ЗО — коксовый и зольный остатки при температуре 900 °C; $T_{\text{ДТГ max}}$ — температура наибольшего ДТГ-максимума; $v_{\text{ДТГ max}}$ — скорость потери массы наибольшего ДТГ-максимума; $\Sigma Q_{\text{эндотермических}}$ — суммарный эндотермический эффект термо- и термоокислительной деструкции, а также фазовых переходов компонентов огнезащитного материала; $\Sigma Q_{\text{экзотермических}}$ — суммарный экзотермический эффект термо- и термоокислительной деструкции компонентов огнезащитного материала.

2. Над чертой приводятся данные термического анализа в инертной среде аргона, под чертой — в среде воздуха.

Notes: 1. CR, AR — coke and ash residues at a temperature of 900 °C; $T_{\text{DTG max}}$ — temperature most DTG-maximum; $v_{\text{DTG max}}$ — speed weight loss most DTG maximum; $\Sigma Q_{\text{endo peaks}}$ — the total endothermic effect of thermal and thermo-oxidative degradation, and phase transitions of the components of the flame retardant material; $\Sigma Q_{\text{exo peaks}}$ — the total exothermic effect of the thermal and thermo-oxidative degradation of the components of the flame retardant material.

2. Above the line indicates data of thermal analysis in an inert atmosphere of argon, below the line — in air.

Таблица 2. Расчетные значения кислородного индекса (КИ) огнезащитных материалов

Table 2. Calculated values of the oxygen index (OI) of flame retardant materials

Код образца Sample Code	КО, % CR, %	КИ, % OI, %
A1	42,14	34,40
B2	28,62	28,95
Э3	45,40	35,66
Д4	33,25	30,80

В качестве вспучивающего агента для огнестойкой композиции на основе эпоксидной диановой смолы можно использовать бисульфат графита, который представляет собой электролитическое соединение внедрения графита [10].

Необходимо заметить, что эпоксидные огнезащитные композиции обладают рядом важных качеств, особенно ценных при огнезащите металлоконструкций на объектах нефтегазового комплекса: хорошие антикоррозионные характеристики, водостойкость, превосходная адгезия к металлам, высокая термостойкость, устойчивость к агрессивным средам и воздействию атмосферных условий [20].

По результатам определения коксового остатка в инертной среде при температуре 895 °С был рассчитан кислородный индекс (КИ) огнезащитных композиций по формуле Ван-Кревелена:

$$\text{КИ} = 17,5 + 0,4\text{КО},$$

где КО — коксовый остаток, определенный при температуре 895 °С.

Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Рассчитанные по формуле Ван-Кревелена значения кислородного индекса не являются строгими и единственными критериями горючести рассматриваемых огнезащитных материалов, а служат лишь в качестве сравнительной оценки их горючести. Чем выше КИ, тем выше температура воспламенения,

ниже горючесть и в некоторой степени выше термостойкость анализируемого материала. Наилучшие результаты по термостойкости показали образцы Э3 (эпоксидная композиция) и А1 (акриловая композиция).

Заключение

Таким образом, термический анализ огнезащитных вспучивающихся материалов различной химической природы показал, что наилучшие показатели по термостойкости имеют составы А1 и Э3, наихудшие — состав В2. Для повышения термостойкости материала В2 целесообразно дополнительное введение стабилизаторов (например, кремнийорганических соединений) и антипиренов, а также армирование состава с использованием стекловолокна, базальтового волокна, муллитокремнеземной ваты и других жаростойких волокнистых материалов. Для совершенствования эпоксидной композиции целесообразно введение компонентов, снижающих горючесть этого материала, например минеральных наполнителей (карбоната кальция, алюмосиликатов, волластонита, тригидрата алюминия), а также компонентов с высокой теплоемкостью или выделяющих при термодеструкции углекислый газ, имеющих высокую теплоемкость. Для всех проанализированных огнезащитных композиций можно рекомендовать введение дополнительных компонентов для снижения температуры начала вспучивания.

Универсальных антипиренов, стабилизаторов или армирующих компонентов и универсального содержания этих добавок не существует. Для каждого состава все индивидуально и требует проведения большого объема дополнительных исследований. Кроме того, при разработке огнезащитных составов для нефтегазового комплекса исследования должны проводиться в более широком интервале температур, соответствующем температурному режиму углеводородного пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зыбина О. А. Адгезия огнезащитных вспучивающихся полимерных материалов к поверхности металлических конструкций при повышенных температурах : дис. ... канд. техн. наук — СПб., 2004. — 162 с.
2. Сосков А. А., Пронин Д. Г. Огнезащита стальных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. — 2015. — № 7. — С. 57–59.
3. Заиков Г. Е. Горение, старение и стабилизация полимеров, полимерных смесей и композитов. Общие соображения // Пластические массы. — 2010. — № 8. — С. 62–64.
4. Асеева Р. М., Заиков Г. Е. Горение полимерных материалов. — М. : Наука, 1981. — 280 с.
5. Михайлин Ю. А. Тепло-, термо- и огнестойкость полимерных материалов. — СПб. : Научные основы и технологии, 2011. — 422 с.
6. Хашихожева Р. Р., Жанситов А. А., Хаширова С. Ю., Микитаев А. К. Разработка огнестойких композиционных материалов на основе полибутилентерефталата // Пластические массы. — 2015. — № 9-10. — С. 56–59.

7. Bourbigot S., Gardelle B., Duquesne S. Intumescent silicone-based coatings for the fire protection of carbon fiber reinforced composites // *Fire Safety Science*. — 2014. — Vol. 11. — P. 781–793. DOI: 10.3801/iafss.fss.11-781.
8. Мостовой А. С. Разработка составов, технологии и определение свойств микро- и нанонаполненных эпоксидных композитов функционального назначения : дис. ... канд. техн. наук. — Саратов, 2014. — 149 с.
9. Вахитова Л. Н., Калафат К. В., Лапушкин М. П., Феценко П. А. Армирование вспученного слоя огнезащитных покрытий // *Лакокрасочные материалы и их применение*. — 2007. — № 7–8. — С. 81–86.
10. Артеменко С. Е., Панова Л. Г., Бесишапошникова В. И., Скребнева Л. Д. Влияние фосфорсодержащих антипиренов на процессы коксообразования при горении полимерных композиционных материалов // *Высокомолекулярные соединения. Серия А*. — 1991. — Т. 33, № 6. — С. 1180–1185.
11. Беззапонная О. В., Головина Е. В., Мансуров Т. Х., Акулов А. Ю. Применение метода термического анализа для комплексного исследования и совершенствования вспучивающихся огнезащитных составов // *Техносферная безопасность*. — 2017. — № 2(15). — С. 3–7.
12. Shahvazian M., Seyedmir M. R. Effects of MWNTs on flame retardation and thermal stabilization performance of phosphorus-containing flame retardants in polypropylene // *Oriental Journal of Chemistry*. — 2012. — Vol. 28, No. 4. — P. 1631–1637. DOI: 10.13005/ojc/280412.
13. Lowden L., Hull T. Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction // *Fire Science Reviews*. — 2013. — Vol. 2, Issue 1. — P. 4. DOI: 10.1186/2193-0414-2-4.
14. Pagella C., Raffaghello F., De Faverly D. M. Differential scanning calorimetry of intumescent coatings // *Polymers Paint Colour Journal*. — 1998. — Vol. 188, No. 4402. — P. 16–18.
15. Беззапонная О. В., Головина Е. В., Мансуров Т. Х. Особенности проведения испытаний огнезащитных материалов интумесцентного типа методом термического анализа в условиях углеводородного пожара // *Техносферная безопасность*. — 2017. — № 3(16). — С. 57–62.
16. Vandersall H. L. Intumescent coating systems. Their development and chemistry // *The Journal of Fire & Flammability*. — 1971. — Vol. 2. — P. 97–140.
17. Camino G., Costa L., Trossarelli L. Study of the mechanism of intumescence in fire retardant polymers. Part II — Mechanism of action in polypropylene-ammonium polyphosphate-pentaerythritol mixtures // *Polymer Degradation and Stability*. — 1984. — Vol. 7, No. 1. — P. 25–31. DOI: 10.1016/0141-3910(84)90027-2.
18. Mróz K., Hager I., Korniejewski K. Material solutions for passive fire protection of buildings and structures and their performances testing — *Procedia Engineering*. — 2016. — Vol. 151. — P. 284–291. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.388.
19. Camino G., Lomakin S. Intumescent materials // *Fire retardant materials* / Horrocks A. R., Price D. (eds.). — Cambridge : CRC Press and Woodhead Publishing Ltd., 2001. — P. 318–336. DOI: 10.1533/9781855737464.318.
20. Цой А. А., Демехин Ф. В. Испытание огнезащитных материалов в условиях углеводородного температурного режима // *Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России : научно-аналитический журнал*. — 2015. — № 4. — С. 20–24.

Материал поступил в редакцию 29 октября 2017 г.

Для цитирования: Беззапонная О. В., Головина Е. В., Акулов А. Ю., Калач А. В., Шарапов С. В., Калач Е. В. Пути совершенствования огнезащитных терморасширяющихся составов для использования на объектах нефтегазового комплекса // *Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety*. — 2017. — Т. 26, № 12. — С. 14–24. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.14-24.

English

WAYS OF IMPROVING THE FIRE PROTECTING THERMAL EXPANDING COMPOSITIONS FOR USE IN OIL AND GAS INDUSTRY

BEZZAPONNAYA O. V., Candidate of Technical Sciences, Docent, Senior Researcher of Postgraduate Studies, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail: bezzaponnay@mail.ru)

GOLOVINA E. V., Adjunct, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail: ekaterinagolovina@yandex.ru)

AKULOV A. Yu., Candidate of Technical Sciences, Docent, Head of Postgraduate Studies, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail: akulov-07@mail.ru)

KALACH A. V., Doctor of Chemical Sciences, Professor, Deputy Head of Scientific Work, Voronezh Institute of State Firefighting Service of Emercom of Russia (Krasnoznamennaya St., 231, Voronezh, 391012, Russian Federation; e-mail: a_kalach@mail.ru)

SHARAPOV S. V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Research Institute for Advanced Research and Innovative Technologies in Life Safety, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (Oktyabrskaya Seafront, 35, Saint Petersburg, 193079, Russian Federation)

KALACH E. V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Physics, Voronezh Institute of State Firefighting Service of Emercom of Russia (Krasnoznamennaya St., 231, Voronezh, 391012, Russian Federation; e-mail: EVKalach@gmail.com)

ABSTRACT

The aim of this work was the analysis of intumescent flame retardants of different chemical nature and finding possible ways to improve their flame retardant efficiency. The study of samples of flame retardant materials was performed by the method of synchronous thermal analysis (Nietzsch TO 449 F5 Jupiter®) in an inert atmosphere of argon and in air. During the integrated thermal analysis specimens flame retardant materials of intumescent type of different chemical nature were studied: acrylic organosoluble composition, water-dispersed vinyl acetate paint, organosoluble epoxy composition, a paint based on an organic solvent.

The thermograms of flame retardants, obtained in air atmosphere, different from the thermograms in argon. We can see the presence of pronounced exothermic peaks showing the flow of a process of oxidation (combustion) resulting proconsul.

Temperatures of the maxima on the curves of differential thermogravimetry (DTG peaks) in an oxidizing atmosphere is displaced in area of smaller values of temperatures. The temperature of the start of expansion of the analyzed materials was 210–220 °C. The rate of loss of mass in an oxidizing atmosphere at 6–15 % higher than in inert. The highest rate of mass loss and, accordingly, the highest intensity of the process of intumescence with the release of gases and formation of foam coke is observed in the temperature range of 300–410 °C. The highest rate of weight loss is shown in water-dispersible vinyl acetate paint, indicating the release of large amounts of gases during the thermal oxidative degradation of flame retardant composition. This material has the lowest value of the coke residue, which is a measure of thermal resistance of foamcoke. Analysis of the results of thermal analysis indicates a relatively high value of the coke residue (28–42 %), especially for organo-diluted epoxy composition.

Thus, thermal analysis of intumescent formulations of different chemical nature showed that the fire retardant effectiveness of the best performance are characterized by acrylic and epoxy composition, the worst — water-dispersible vinyl acetate paint. To improve fire resistance performance of the material of the water-dispersed vinyl acetate paint is expedient the introduction of additional stabilizers (e. g., silicon containing compounds) and flame retardants, as well as reinforcement of the structure using an optical fiber, basalt fiber, carbon fiber, mullite-silica wool and other heat resistant fibrous materials. For improved epoxy composition of the feasibility of introducing components that reduce the flammability of the material, for example, mineral fillers (calcium carbonate, aluminosilicates, graphite, aluminum trihydrate), components with high heat capacity. For all the analyzed flame retardant materials it is possible to recommend the introduction of additional components to reduce the onset temperature of expansion.

Keywords: intumescent flame retardants; metal construction; simultaneous thermal analysis; combustion; coke residue; oxygen index; flame retardants; stabilization; reinforcement.

REFERENCES

1. Zyбина О. А. *Adhesion of intumescent polymeric materials to the surface of metal structures at elevated temperatures*. Cand. tech. sci. diss. Saint Petersburg, 2004. 162 p. (in Russian).
2. Soskov A. A., Pronin D. G. Fire protection of steel structures. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo / Industrial and Civil Engineering*, 2015, no. 7, pp. 57–59 (in Russian).

3. Zaikov G. E. Combustion, aging and stabilization of polymers, polymer blends and composites. General considerations. *Plasticheskiye massy / Plastic Mass*, 2010, no. 8, pp. 62–64 (in Russian).
4. Aseeva R. M., Zaikov G. E. *Goreniye polimernykh materialov* [Combustion of polymeric materials]. Moscow, Nauka Publ., 1981. 280 p. (in Russian).
5. Mikhaylin Yu. A. *Teplo-, termo- i ognestoykost polimernykh materialov* [Heat, thermal and fire resistance of polymeric materials]. Saint Petersburg, Nauchnyye osnovy i tekhnologii [Scientific basis and technology] Publ., 2011. 422 p. (in Russian).
6. Hashkhodzheva R. R., Zhansitov A. A., Khashirova S. Yu., Mikitaev A. K. Elaboration of fire resistance composites based on polybutylene terephthalate. *Plasticheskiye massy / Plastic Mass*, 2015, no. 9–10, pp. 56–59 (in Russian).
7. Bourbigot S., Gardelle B., Duquesne S. Intumescent silicone-based coatings for the fire protection of carbon fiber reinforced composites. *Fire Safety Science*, 2014, vol. 11, pp. 781–793. DOI: 10.3801/iafss.fss.11-781.
8. Mostovoy A. S. *Development of compositions, technologies and determination of properties of micro- and nano-filled epoxy composites functional purpose*. Cand. tech. sci. diss. Saratov, 2014. 149 p. (in Russian).
9. Vakhitova L. N., Kalafat K. V., Lapoushkin M. P., Feschenko P. A. Reinforced intumescent flame retardant coatings. *Lakokrasochnye materialy i ikh primeneniye / Russian Coatings Journal*, 2007, no. 7-8, pp. 81–86 (in Russian).
10. Artemenko S. Ye., Panova L. G., Besshaposhnikova V. I., Skrebneva L. D. Influence of phosphorus-containing fire retardants on coke formation in the course of burning of polymer compositional materials. *Vysokomolekulyarnyye soyedineniya. Seriya A / Polymer Science. Series A*, 1991, vol. 33, no. 6, pp. 1180–1185 (in Russian).
11. Bezzaponnaya O. V., Golovina E. V., Mansurov T. H., Akulov A. Yu. Application of the method of thermal analysis for the comprehensive study and improvement of the intumescent flame retardants. *Tekhnosfer-naya bezopasnost / Technosphere Safety*, 2017, no. 2(15), pp. 3–7 (in Russian).
12. Shahvazian M., Seyedmir M. R. Effects of MWNTs on flame retardation and thermal stabilization performance of phosphorus-containing flame retardants in polypropylene. *Oriental Journal of Chemistry*, 2012, vol. 28, no. 4, pp. 1631–1637. DOI: 10.13005/ojc/280412.
13. Lowden L., Hull T. Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction. *Fire Science Reviews*, 2013, vol. 2, issue 1, p. 4. DOI: 10.1186/2193-0414-2-4.
14. Pagella C., Raffaghello F., De Favery D. M. Differential scanning calorimetry of intumescent coatings. *Polymers Paint Colour Journal*, 1998, vol. 188, no. 4402, pp. 16–18.
15. Bezzaponnaya O. V., Golovina E. V., Mansurov T. H. Features of testing of fire protection materials intumescent type by the method of thermal analysis in the conditions of a hydrocarbon fire. *Tekhnosfer-naya bezopasnost / Technosphere Safety*, 2017, no. 3(16), pp. 57–62 (in Russian).
16. Vandersall H. L. Intumescent coating systems. Their development and chemistry. *The Journal of Fire & Flammability*, 1971, vol. 2, pp. 97–140.
17. Camino G., Costa L., Trossarelli L. Study of the mechanism of intumescence in fire retardant polymers. Part II — Mechanism of action in polypropylene-ammonium polyphosphate-pentaerythritol mixtures. *Polymer Degradation and Stability*, 1984, vol. 7, no. 1, pp. 25–31. DOI: 10.1016/0141-3910(84)90027-2.
18. Mróz K., Hager I., Korniejenko K. Material solutions for passive fire protection of buildings and structures and their performances testing. *Procedia Engineering*, 2016, vol. 151, pp. 284–291. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.388.
19. Camino G., Lomakin S. Intumescent materials. In: Horrocks A. R., Price D. (eds.). *Fire retardant materials*. Cambridge, CRC Press and Woodhead Publishing Ltd., 2001, pp. 318–336. DOI: 10.1533/9781855737464.318.
20. Tsoy A. A., Demehin F. V. Testing of fire resistant materials in the conditions of the hydrocarbon temperature mode. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby MChS Rossii. Nauchno-analiticheskiy zhurnal / Herald of St. Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia. Scientific and Analytical Magazine*, 2015, no. 4, pp. 20–24 (in Russian).

For citation: Bezzaponnaya O. V., Golovina E. V., Akulov A. Yu., Kalach A. V., Sharapov S. V., Kalach E. V. Ways of improving the fire protecting thermal expanding compositions for use in oil and gas industry. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 12, pp. 14–24 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.14-24.

С. Ю. БУТУЗОВ, д-р техн. наук, доцент, заслуженный работник высшей школы РФ, профессор кафедры информационных технологий, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: butuzov_s_yu@mail.ru)

С. С. ДОЛГОПОЛОВ, соискатель кафедры информационных технологий, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: foxd82@yandex.ru)

В. В. КАФИДОВ, д-р экон. наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, профессор кафедры микроэкономики, Российская академия народного хозяйства и государственной службы (РАНХиГС) при Президенте Российской Федерации (Россия, 119571, г. Москва, просп. Вернадского, 82; e-mail: kafidov@yandex.ru)

С. В. РАЖНИКОВ, адъюнкт кафедры информационных технологий, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: sergei.raghnikov@mail.ru)

Г. Х. ХАРИСОВ, д-р техн. наук, профессор, заслуженный изобретатель РФ, профессор кафедры гражданской защиты, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4)

УДК 614.8.01

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВЫМ СОСТАВОМ ОПЕРАТИВНЫХ СЛУЖБ С УЧЕТОМ КРИТЕРИЕВ ВЕРОЯТНОСТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Проведен анализ системы поддержки управления штатным составом сотрудников оперативных служб в условиях постоянных сокращений штатной численности при фиксации целевых задач основной профессиональной деятельности. Изучены и проанализированы существующие методы моделирования взаимодействия персонала организаций разного профиля, а также специализированные программные разработки. Приведена классификация методов формализации взаимодействия элементов микросистем решения оперативных задач в форме агентов-игроков. Представлена модель разработанной системы поддержки управления, способной формировать варианты привлечения агентов-игроков в кадровый состав с учетом сокращения численных показателей при фиксированных целевых задачах с применением гибкой формы построения правил коэффициентов предпочтения и полезности. Показано практическое использование теории многоагентных систем при формировании рабочих групп на примере подразделений специальной пожарной охраны.

Ключевые слова: модели; система поддержки управления; кадровый состав; оперативные службы; критерии вероятностного взаимодействия.

DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.25-34

Введение

В современных достаточно жестких условиях вынужденное сокращение расходов непосредственно связано с массовым сокращением должностей и сопутствующими ему проблемами. Данное обстоятельство за последний период времени существенно сказалось на оперативной службе пожарной безопасности, где урезание единиц в структурных подразделениях может достигать до 50 %. При этом следует отметить, что до сих пор нет единой методологии (механизмов) сокращения штатной численности оперативных служб без существенного ущерба ведению профессиональной деятельности. Не существует также подходов к адаптации внешних условий

под постоянно изменяющиеся требования к действующим объектам управления. На текущий момент:

- недостаточно теоретически проработаны механизмы формирования оперативных служб с использованием штата кадрового состава с учетом коэффициентов предпочтения и полезности (особенности системы управления);
- практически отсутствуют модели рационализации показателей оценки планирования коэффициентов взаимодействия игроков (агентов) при формировании штатного кадрового состава;
- отсутствуют специализированные программные средства поддержки управления, позволяющие проводить гибкую оценку состояния действующим

ющих единиц сформированных служб при решении оперативных задач.

Данные аргументы указывают на актуальность исследования в данной области.

Целью исследования является моделирование системы поддержки управления кадровым составом оперативных служб с учетом критериев вероятностного взаимодействия (полезность и предпочтение).

Методы исследования

В основу настоящей статьи положены результаты, полученные в ходе исследований, проводимых в рамках научно-исследовательских работ Академии Государственной противопожарной службы МЧС России в период 2010–2017 гг. [1, 2]. На базе полученных результатов разработаны модель и алгоритмы информационно-управляющей системы, обеспечивающие необходимым набором информационных ресурсов орган управления пожарной безопасностью для принятия решений.

Новизну представляют полученные результаты, заключающиеся в разработке модели и алгоритмов системы поддержки управления, реализующей механизм комплектования вариантов формирования кадрового состава с учетом сокращения численных показателей при фиксированных целевых задачах с использованием гибкой формы построения правил коэффициентов предпочтения и полезности на рациональном маршруте действующих агентов-игроков, а также модель формирования агрегированных коэффициентов критериев предпочтения и полезности на основе многокритериальной иерархической оценки Паппа – Паскаля на аппроксимирован-

ных показателях взаимодействия агентов-игроков кадрового состава [3].

Разработанные методы и модели реализованы при создании информационной системы поддержки принятия управленческих решений для координации действий кадрового состава при обосновании вносимых в штатный состав изменений; при создании модулей системы организации учетной системы в условиях постоянных изменений кадрового состава, а также системы диагностики состояния формируемых бригад оперативных служб.

Анализ моделей поддержки управления системами кадровых служб разного профиля и уровня

На первом этапе исследований проведен детальный анализ динамики изменений штатного состава структурных подразделений оперативных служб на примере МЧС России с целью выявить узкие места существующей системы управления. В результате установлена закономерность: при неизменном показателе требований к выполнению профессиональных обязанностей количество действующих единиц персонала уменьшается. Примером типовых показателей убывающего графика штатной численности является динамика сокращения численности подразделения пожарной охраны (рис. 1).

Дальнейший анализ существующих в настоящее время структур управления на разных этапах жизненного цикла процесса формирования кадрового состава структурных подразделений оперативных служб позволил выделить два больших постоянно взаимодействующих объекта исследований —

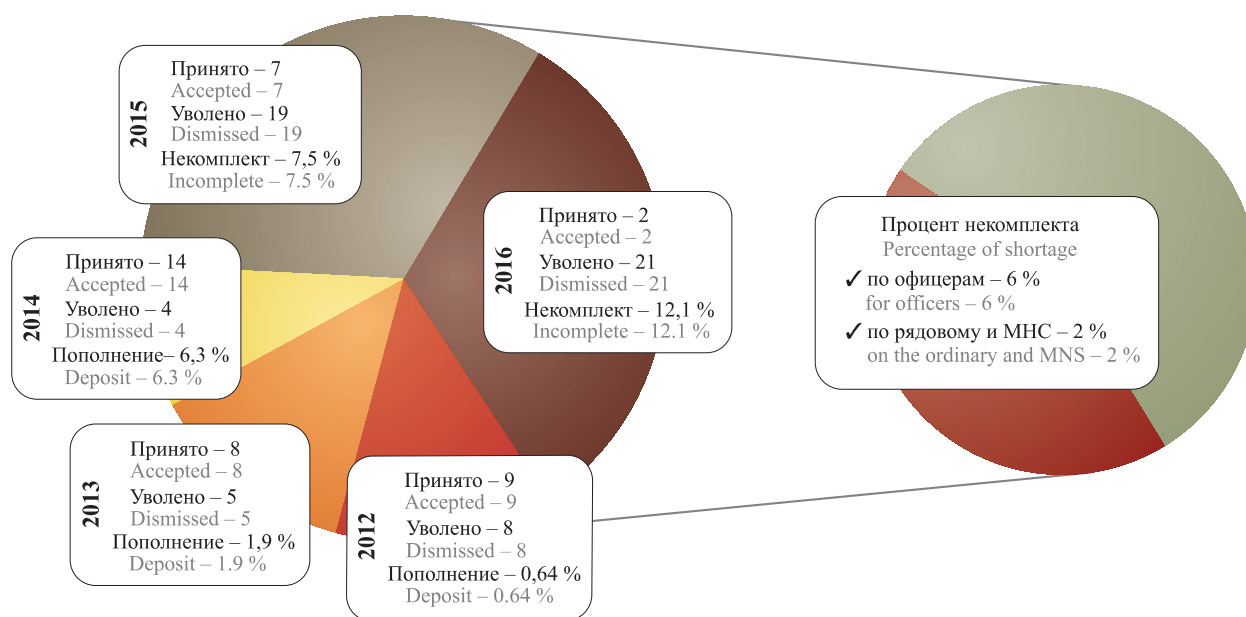


Рис. 1. Статистика сокращения штатной численности в структурном подразделении пожарной охраны

Fig. 1. Statistics on the reduction in the number of staff in the structural division of fire protection

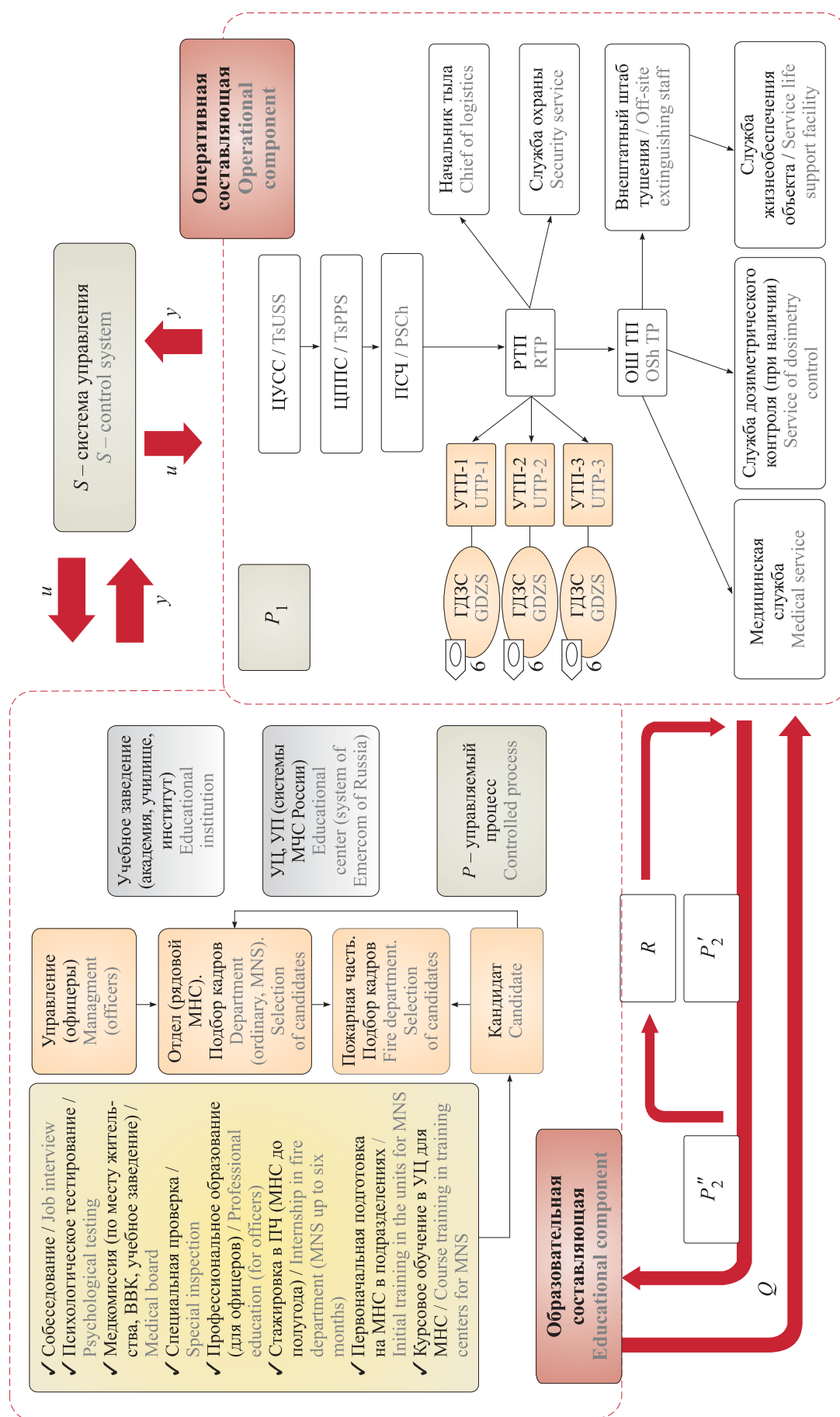


Рис. 2. Концепция системы поддержки управления: ЦУСС — центр управления силами и средствами; ЦППС — центральный пункт пожарной связи; ПСЧ — пожарно-спасательная часть; РТП — руководитель тушения пожара; ОШ ТП — оперативный штаб тушения пожара; ГДЗС — газодымозащитная служба; УТП — управление тушением пожара; МНС — младший начальствующий состав; УЦ — учебный центр; УП — учебное подразделение

Fig. 2. The concept of a management support system: TsUSS — command and control center; TsPPS — central point of contact firefighters; PSCh — fire rescue unit; RTP — head of fire extinguishing; OSh TP — operational headquarters of fire extinguishing; GDZS — gas-proofing service; UTP — fire extinguishing management; MNS — junior commander; UTs — educational center; UP — academic unit

оперативную (как компонент основного жизненного цикла организации) и обучающую (компонент корректировки управления на основе обработки внешних возмущающих воздействий) составляющие (рис. 2). Для каждого объекта определены основные внутренние процессы, непосредственно влияющие на общее состояние системы в целом, а также процессы взаимодействия с внешней средой и с другими объектами управления [3].

Для обеспечения целостности между процессами в существующую модель управления предложено добавить два изменяемых компонента, обеспечивающих непрерывность в управлении за счет вариации критериального выбора компонентов состояния, а также следующих характеристик: S — корректирующая система поддержки управления состояниями коалиций; $B(P): Q, R \rightarrow P_k$ — корректируемые управляемые процессы (где $B(P)$ — пространство управления; k — коэффициент адаптации). Полученная модель позволяет также модифицировать целевую функцию полезности $G: v(S) \rightarrow \max \{Q, R\}$ в зависимости от текущего состояния системы управления.

Таким образом, показано, что существующая система управления кадровым составом оперативной службы наделена недостатком, связанным с практическим отсутствием механизмов формализации процессов корректируемого взаимодействия между объектами при внедрении новых (проектных) элементов в действующую систему. Основной проблемой является отсутствие определенных алгоритмов коррекции действующей системы управления при непрерывном влиянии возмущающих воздействий [4].

Для унификации существующей системы управления требуется разработка более совершенных моделей и алгоритмов, позволяющих формировать обоснованные коалиции действующих игроков-агентов с учетом вероятных факторов рационализации ресурсов [5, 6].

Моделирование системы поддержки управления в рамках обязательных условий целевых функций при подготовке и оценке коалиций

В качестве основного ограничения целевой функции системы G предложено использовать адаптированное под исходные критерии условие супераддитивности кооперативной игры с трансферабельной полезностью фон Неймана – Моргенштерна:

$$v(S) = \sum_{i \in N} v(s_i) \leq v\left(\bigcup s_j\right), \quad (1)$$

где $v(S)$ — максимальная полезность как критерий диагностики состояния временных коалиций агентов-игроков оперативных служб;

N — количество агентов;

s_i, s_j — временные коалиции агентов-игроков произвольного состава.

При этом в модель (1) внесены ограничения, связанные с обязательным внедрением дополнительного условия эффективности, неприменимого в исходной постановке в связи с тем, что вероятностные весовые коэффициенты не могут быть использованы в функциях, основанных на показателях состояний, т. е. $\sum_{i \in N} x_i \neq v(N)$ при $s_i \cap s_j = 0$ (где x_i — i -й элемент системы).

В результате получена целевая функция вида [4]:

$$G = (N, v(S)), \quad (2)$$

где N — конечное множество агентов-игроков;

$N = \{1, \dots, n\}$;

$v(S): 2^N \rightarrow R$ — характеристическая функция;

$v(\emptyset) = 0$.

В качестве аналитической функции принятия решения при выборе агентов-игроков n_i действующей коалиции используется результирующее положение о рационализации выбора состояний теоремы Паппа – Паскаля.

Комплексные (сводные) показатели состояний испытуемых (при диагностике текущего состояния) переносятся на кривые $(S: \{s_i, s_j\}_k, k = 1, S)$, а затем аппроксимируются и переносятся в полярную систему координат. Результат отображается на абстрактную полярную плоскость. Теорема позволяет определить относительную синхронность действий агентов-игроков, что обеспечивает эффект рационализации выбора (рис. 3).

Предполагается следующий сценарий рационализации выбора членов бригад из штатного состава с учетом постоянных изменений кадрового состава оперативных служб: если многоугольник, построенный в результате наложения непересекающихся аппроксимированных кривых на поверхность одной полярной плоскости, “вписан” в пару прямых, то точки пересечения пар противоположных сторон лежат на одной прямой. Корректна также обратная постановка задачи: если полученные пересечения не лежат на одной прямой, то члены бригады не синхронизированы по текущим состояниям и не составят коалицию. Данная методология используется как для коалиций, состоящих из одного агента, так и для коалиций из произвольного числа агентов-игроков.

Таким образом, показано, что представленные методы рационализации ресурсов при комплексном использовании с общими критериями имеют общее формальное основание, сводимое к единой целевой функции G . Следовательно, механизм обоснованного формирования временных коалиций S агентов-игроков вполне реализуем. При этом также необходимо учесть, что решается задача, при кото-

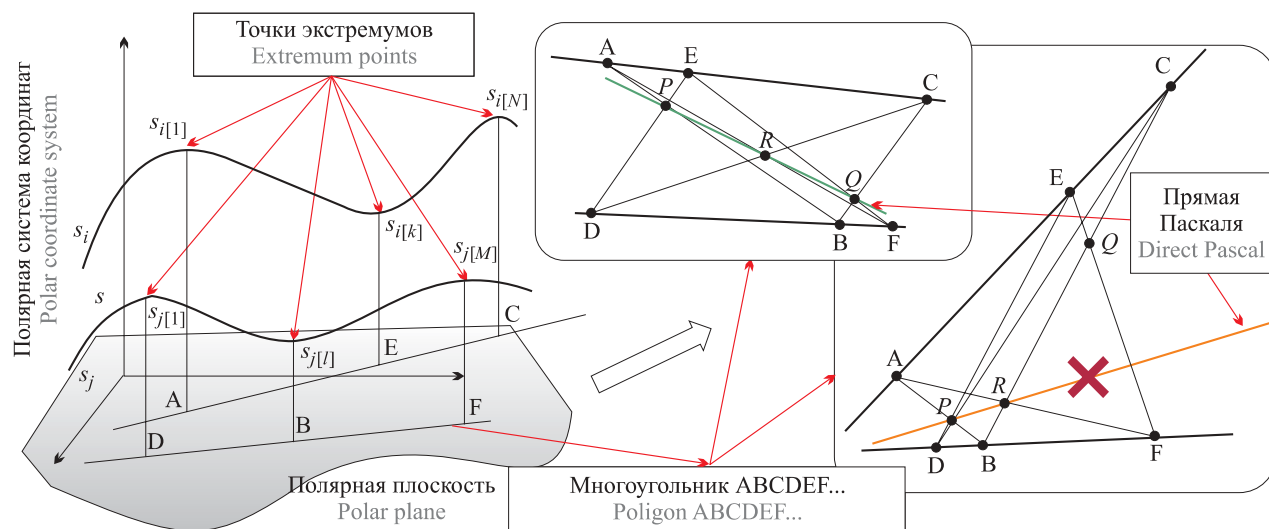


Рис. 3. Рационализация взаимоотношений

Fig. 3. Rationalizing relationships

рой неизменяемое условие постоянного сокращения численного состава является обязательным.

Моделирование элемента корректируемой обратной связи системы поддержки управления кадровой службой

Для получения значений состояний испытуемых при построении кривой S применяется адаптированный под предметную область один из вариантов модифицированной обратной задачи по С. В. Емельянову (рис. 4).

В существующий вариант функции обратной задачи внесены следующие изменения: устранен параметр координатного возмущения и обратный параметр линейного оператора как зависимые от показателя периодичности.

В результате функция обратной задачи принимает вид:

$$y = P_2''/R_1(u^3 + v^3) = (R_2Q + R_2P_1P_2''Q)y^3 = R_2Q(1 + P)y^3, \quad (3)$$

где y — регулируемая координата;

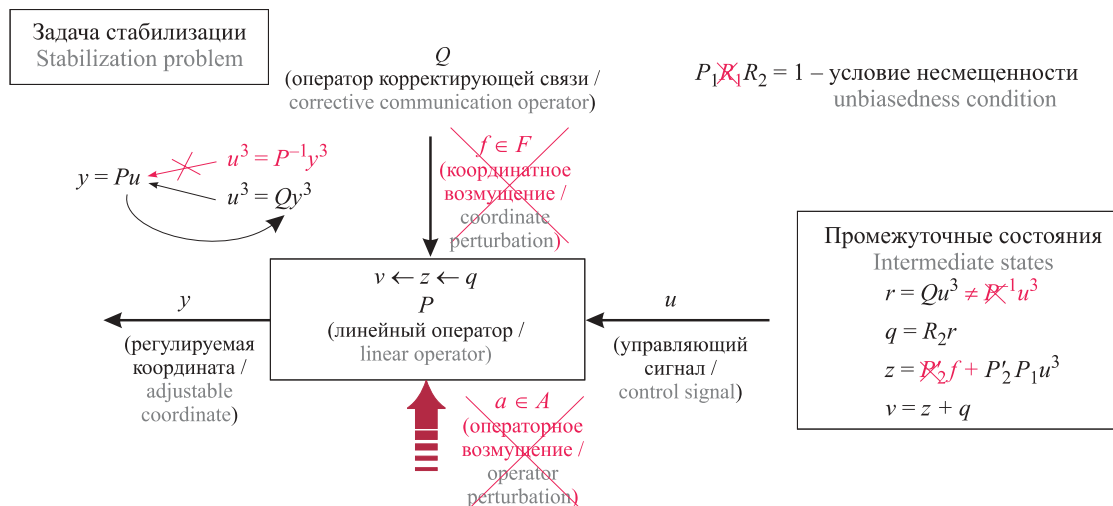
P_2'' — корректируемый коэффициент обратной связи;

R — регулятор;

u — управляющий сигнал;

Q — оператор корректирующей связи.

Необходимо учесть, что показатель промежуточного состояния z также изменен на сокращенное представление: $z = P_2'P_1u^3$, а поправочный коэффициент r не зависит от периодического показателя,

Рис. 4. Описание параметров обратной задачи: R — регулятор, формирующий из доступной информации такой сигнал управления u , при котором ошибка регулирования e равна нулю или лежит в пределах границFig. 4. Description of the parameters of the inverse problem: R — controller that generates, from the available information a control signal u for which the control error e is zero or lies within the limits of the limits

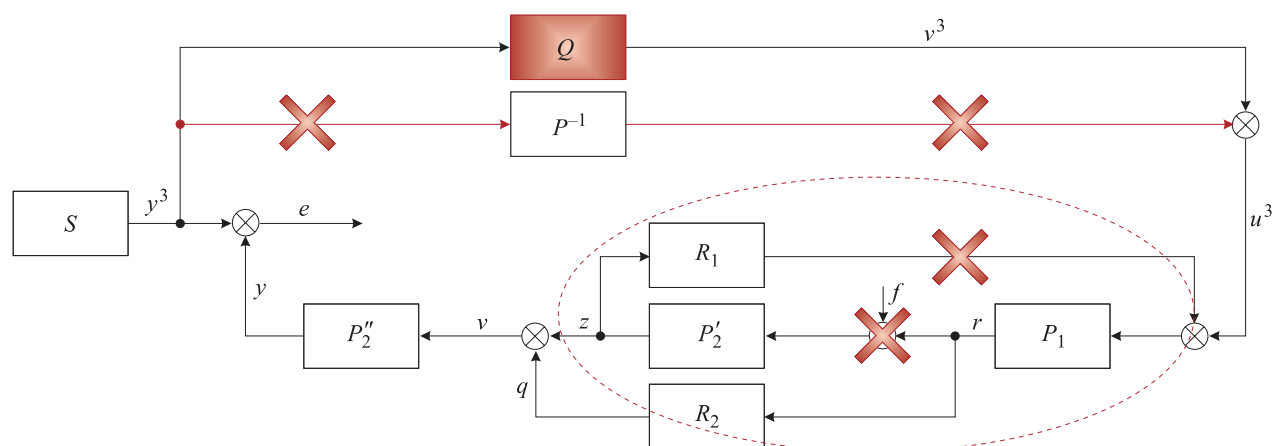


Рис. 5. Обратная корректирующая задача

Fig. 5. An inverse corrective problem

т. е. $r = Qu^3 \neq P^{-1}u^3$. Другими словами, так как заранее сложно предопределить возможные показатели состояния отношений между агентами-игроками коалиций, зависимые переменные обратной задачи устранены из исходных функций. При этом диапазон разброса итоговых решений в данных условиях не изменяется.

Как следствие, задача стабилизации на принципе двухканальности модифицирована в соответствии с изменениями, внесенными в обратную функцию $y = Pu$. В результате детально (на всех промежуточных этапах) также устранена проблема зависимости от периодичности управляющего сигнала. Комплексный оператор корректирующей связи Q , основанный на анализе состояний коалиций агентов-игроков S , позволяет компенсировать данный фактор и обеспечить целостность входной заданной нагрузки u^3 , что также учтено в функции (3) (рис. 5) [7].

Обязательным аргументом полученной обратной задачи y являются диагностируемые множества состояний при внесении вероятных изменений. Формирование коалиций (1) из штатных агентов-игроков непосредственно связано со сравнительной функцией на основе обоснования выбора (адаптированной к исходным условиям поставленной задачи теоремы Паппа – Паскаля) с установленной целевой функцией (2). При этом также учтена предварительно сформированная последовательность управляемых процессов, обязательных для прохождения каждым агентом-игроком коалиции.

В связи с тем что в основной модели связей существует две относительно независимые последовательности, выделяются два независимых множества данных $\{P_2''\}_i$ и $\{P_2''\}_j$. Учтен тот фактор, что значения показателей не могут пересекаться ($i \cap j \neq 0$), несмотря на то что одно и то же действие разных алгоритмов может совпадать. Последовательность определяет ход принятия решения, влияющего на итоговый результат, например прием на службу или

увольнение из структурного подразделения оперативной службы [8].

Для итогового параметра корректировки y предустановлены критерии, а также модели оценки агентов-игроков коалиций, определяющие правила формирования результатов диагностики.

Корректирующим воздействием является обратный оператор Q . Определяющим корректности выбора выступают правила формирования бригад оперативной службы для каждого предполагаемого сценария. Примером результатов составления базы правил может служить вариант реализации для звена газодымозащитной службы (ГДЗС). В процессе работы модели получены правила регламентированных и допустимых сценариев, а также правила сценариев с нарушениями (рис. 6).

В целях проверки корректности разработанной модели проведена работа по определению эффективности восприятия, усвоения и обмена профессиональной информацией сотрудников нескольких подразделений специальной пожарной охраны, имеющих стаж работы не менее одного года. Исследование проводилось в два этапа: на первом осуществлялась типизация сотрудников, на втором — оценка профессиональной деятельности по трем направлениям (пожаротушение, профилактика, управление) [9].

В результате работы модели для каждой коалиции агентов-игроков могут быть получены комплексные показатели:

- функциональная, информационная и психологическая структуры коллектива в соответствии с заданными целями;
- рационализированный состав психоинформационных типов;
- большой массив информации о кадровом потенциале как отдельного сотрудника, так и коллектива в целом;

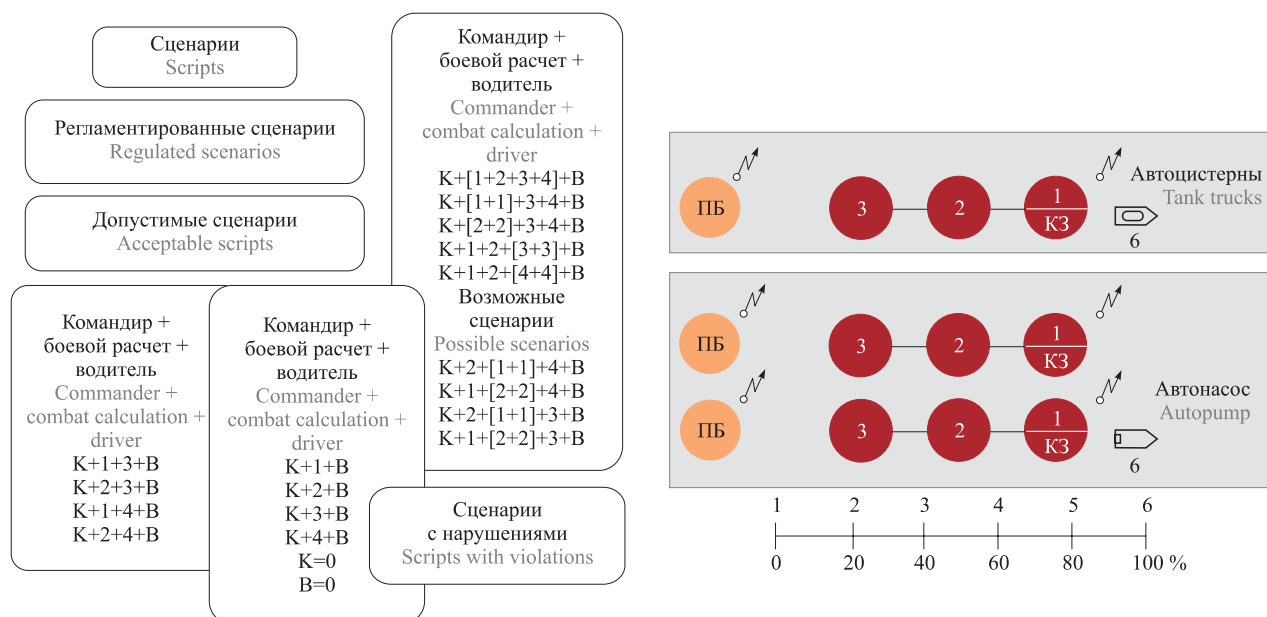


Рис. 6. Правила распределения обязанностей / Fig. 6. Rules of division of duties

- предварительное моделирование возможных кадровых перестановок.

Таким образом, доказано, что существует методология формирования адаптивной обратной связи на основе гибкой системы диагностики агентов-игроков коалиций. Представлены особенности организации корректирующей системы выбора оценок и шкалирования [10, 11].

Заключение

Разработанная и формализованная модель формирования обоснований внесения изменений в штатную структуру оперативных служб (в условиях постоянных сокращений) непосредственно воздействует на существующие системы иерархического управления профильных организаций в

форме практической разработки (информационно-аналитической системы принятия решений), позволяет проводить оценку состояния вновь создаваемых коалиций (бригад), формирует предложения по рационализации как в комплексном, так и в частном виде с учетом текущего состояния объекта в целом, а также предполагаемых вмешательств внешних возмущений. Предложенная технология в теоретическом плане позволяет обосновать процессы принятия решений, в практическом — сформировать необходимые элементы сопровождающих сводных отчетов системы документооборота профильных организаций, а также заложить некоторые основы для создания интегрированных информационных систем поддержки управления кадровых служб систем комплексной безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ryzhenko A. A. Algebraic approach of the operated processes modeling of difficult systems // American Journal of Control Systems and Information Technology. — 2014. — Vol. 4, No. 2. — P. 17–21.
- Ryzhenko A. A. Modeling of the cognitive center of support of management of safety of large-scale objects // Theoretical & Applied Science. — 2015. — Vol. 24, Issue 04. — P. 80–85. DOI: 10.15863/tas.2015.04.24.14.
- Бутузов С. Ю., Долгополов С. С., Артемов А. А., Рыженко Н. Ю. Информационная система поддержки управления кадровым составом структурного подразделения МЧС России // Технологии техносферной безопасности. — 2016. — Вып. 3(67). — С. 200–206. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-3/15-03-16.ttb.pdf> (дата обращения: 01.10.2017).
- Рыженко А. А., Долгополов С. С., Бутузов С. Ю. Иерархическая система управления информационными ресурсами структурных подразделений МЧС России // Технологии техносферной безопасности. — 2016. — Вып. 6(70). — 7 с. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-6/19-06-16.ttb.pdf> (дата обращения: 01.10.2017).
- Ryzhenko A. A. Features creation of uniform model metacorporate information systems // Modern informatization problems in economics and safety : Proceedings of the XXII International Open Science Conference (January, 2017, Yelm, WA, USA) / Kravets O. Ja. (ed.). — Yelm : Science Book Publishing House, 2017. — P. 47–51.

6. Рыженко А. А. Выбор компонентов системы поддержки управления единого информационного пространства государственной метакорпорации // Экономика и управление: проблемы, решения. — 2017. — Март. — Т. 4(63). — С. 154–159.
7. Бедило М. В., Бутузов С. Ю., Прус Ю. В., Рыженко А. А., Чурсин Р. Г. Модель адаптивного управления оперативными службами РСЧС в чрезвычайных ситуациях межрегионального и федерального уровня // Технологии техносферной безопасности. — 2017. — Вып. 1(71). URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-3/44-01-17.ttb.pdf> (дата обращения: 01.10.2017).
8. Смирнова Г. Н., Сорокин А. А., Тельнов Ю. Ф. Проектирование экономических информационных систем : учеб. для вузов / Под ред. Ю. Ф. Тельнова. — М. : Финансы и статистика, 2003. — 512 с.
9. Резник С. Д., Юдаков А. Г. Управление системой профессионального продвижения руководителей в организациях сферы школьного образования // Управление персоналом. — 2008. — № 13. — С. 49–54.
10. Жариков В. Д., Курсанова Д. А. Формирование системы управления персоналом на промышленном предприятии // Социально-экономические явления и процессы. — 2016. — Т. 11, № 5. — С. 5–10. DOI: 10.20310/1819-8813-2016-11-5-5-10.
11. Истомин В. В. Прогнозирование поведения групп автономных интеллектуальных агентов на основе теории многоагентных систем // Инженерный вестник Дона. — 2011. — № 4. — С. 29–32. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/535> (дата обращения: 01.10.2017).

Материал поступил в редакцию 5 октября 2017 г.

Для цитирования: Бутузов С. Ю., Долгополов С. С., Кафидов В. В., Ражников С. В., Харисов Г. Х. Модель системы поддержки управления кадровым составом оперативных служб с учетом критериев вероятностного взаимодействия // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2017. — Т. 26, № 12. — С. 25–34. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.25-34.

English

MODEL OF THE SUPPORT SYSTEM FOR THE MANAGEMENT OF THE STAFF OF THE OPERATIONAL SERVICES WITH THE CRITERIA OF THE PROBABILISTIC INTERACTION

BUTUZOV S. Yu., Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor, Honoured Worker of Higher School of the Russian Federation, Professor of Information Technologies Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail: butuzov_s_yu@mail.ru)

DOLGOPOLOV S. S., Applicant of Information Technologies Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail: foxd82@yandex.ru)

KAFIDOV V. V., Doctor of Economics Sciences, Professor, Honoured Worker of Higher School of the Russian Federation, Professor of Microeconomics Department, The Russian Presidential of National Economy and Public Administration (Vernadskogo Avenue, 82, Moscow, 119571, Russian Federation; e-mail: kafidov@yandex.ru)

RAZHNIKOV S. V., Postgraduate Student of Information Technologies Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail: sergei.raghnikov@mail.ru)

KHARISOV G. Kh., Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Inventor of the Russian Federation, Professor of Department of Civil Defense, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation)

ABSTRACT

Analysis of system for supporting the management of staff operational services in conditions of constant staff reductions while fixing the target tasks of professional main activity is carried out. Existing methods for modeling interaction of personnel organizations of different profiles, as well as

specialized software developments, were studied and analyzed. Classification of methods for formalizing interaction of elements microsystems to solve operational problems in form of players agents is carried out.

Model and algorithms of developed management support system that can form variants for attracting players agents to personnel structure are presented with allowance for reduction of numerical indicators for fixed target tasks using flexible form rules of preference and utility coefficients. Practical use theory of multi-agent systems in formation of working groups is demonstrated using example of special fire protection units.

The developed and formalized model for the formation of justifications for making changes to the regular structure of operational services (under conditions of permanent reductions) directly affects the existing systems of hierarchical management of profile organizations in the form of practical development (information and analytical decision-making system), allows assessing the state of newly created coalitions brigades), forms proposals for rationalization, both in a complex and in a private form, taking into account the current state of the object in general, as well as the alleged interference of external disturbances. The proposed technology theoretically makes it possible to justify the decision-making processes, in practical terms — to form the necessary elements of accompanying consolidated reports of the document management system of profile organizations, and also to lay some foundations for the creation of integrated information systems supporting the management of personnel services of integrated security systems.

The developed methods and models were implemented when creating an information system to support the adoption of managerial decisions to coordinate the actions of the staff in substantiating the changes introduced to the staff, creating modules of the system of organization of the accounting system in the conditions of constant personnel changes, as well as a system for diagnosing the status of the formed brigades of operational services.

Keywords: models; management support system; staffing; operational services; criteria for probabilistic interaction.

REFERENCES

1. Ryzhenko A. A. Algebraic approach of the operated processes modeling of difficult systems. *American Journal of Control Systems and Information Technology*, 2014, vol. 4, no. 2, pp. 17–21.
2. Ryzhenko A. A. Modeling of the cognitive center of support of management of safety of large-scale objects. *Theoretical & Applied Science*, 2015, vol. 24, issue 04, pp. 80–85. DOI: 10.15863/tas.2015.04.24.14.
3. Butuzov S. Yu., Dolgoplov S. S., Artemov A. A., Ryzhenko N. Yu. Information system of support management structural division of Emercom of Russia personnel structure. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti / Technology of Technosphere Safety*, 2016, issue 3(67), pp. 200–206 (in Russian). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-3/15-03-16.ttb.pdf> (Accessed 1 October 2017).
4. Ryzhenko A. A., Dolgoplov S. S., Butuzov S. Yu. Hierarchical system of management information resources structural divisions of Emercom of Russia. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti / Technology of Technosphere Safety*, 2016, issue 6(70). 7 p. (in Russian). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-6/19-06-16.ttb.pdf> (Accessed 1 October 2017).
5. Ryzhenko A. A. Features creation of uniform model metacorporate information systems. In: Kravets O. Ja. (ed.). *Modern informatization problems in economics and safety*. Proceedings of the XXII International Open Science Conference (January, 2017, Yelm, WA, USA). Yelm, Science Book Publishing House, 2017, pp. 47–51.
6. Ryzhenko A. A. Component selection support system for management of a single information space of the state metakorporacii. *Ekonomika i upravleniye: problemy, resheniya / Economics and Management: Problems, Solutions*, 2017, March, vol. 4(63), pp. 154–159 (in Russian).
7. Bedilo M. V., Butuzov S. Yu., Prus Yu. V., Ryzhenko A. A., Chursin R. G. The model of adaptive management of operational services of RSChS in emergency situations of interregional and federal level. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti / Technology of Technosphere Safety*, 2017, issue 1(71). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-3/44-01-17.ttb.pdf> (Accessed 1 October 2017).
8. Smirnova G. N., Sorokin A. A., Telnov Yu. F. *Proyektirovaniye ekonomicheskikh informatsionnykh sistem* [Designing economic information systems]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2003. 512 p. (in Russian).

9. Reznik S. D., Yudakov A. G. Management of the system of professional promotion of managers in organizations of the sphere of school education. *Upravleniye personalom / Personnel Management*, 2008, no. 13, pp. 49–54 (in Russian).
10. Zharikov V. D., Kirsanova D. A. Formation of the HR management system at the industrial enterprise. *Sotsialno-ekonomicheskiye yavleniya i protsessy / Social-Economic Phenomena and Processes*, 2016, vol. 11, no. 5, pp. 5–10 (in Russian). DOI: 10.20310/1819-8813-2016-11-5-5-10.
11. Istomin V. V. Forecasting the behavior of groups of autonomous intellectual agents based on the theory of multi-agent systems. *Inzhenernyy vestnik Dona / Engineering Journal of Don*, 2011, no. 4, pp. 29–32 (in Russian). Available at: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2011/535> (Accessed 1 October 2017).

For citation: Butuzov S. Yu., Dolgoplov S. S., Kafidov V. V., Razhnikov S. V., Kharisov G. Kh. Model of the support system for the management of the staff of the operational services with the criteria of the probabilistic interaction. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 12, pp. 25–34 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.25-34.



Издательство «ПОЖНАУКА»

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

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ во взрывопожароопасных зонах

Справочное пособие



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

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

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

ФАМ НАМ ТХАНЬ, магистрант Института строительства и архитектуры, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: phamnamthanh28081991@gmail.com)

В. В. ВАСИЛЕНКО, заведующий лабораторией Института комплексной безопасности в строительстве, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: mgsu_promalp@mail.ru)

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

УДК 69.331.438

АКТУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМАТИЗАЦИИ МЕТОДОВ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ОГРАЖДЕНИЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ИНВЕНТАРНЫХ

Рассмотрена официальная статистика падения работников с высоты и превентивные средства, обеспечивающие безопасность выполнения работ на высоте. Проведено сравнение средств коллективной защиты и средств индивидуальной защиты от падения с высоты. Дан анализ действующего ГОСТ 12.4.059–89. На основе анализа сформулированы предложения по систематизации ограждений предохранительных инвентарных и актуализации методов их динамических испытаний. Проведены статические и динамические испытания ограждений предохранительных инвентарных. Показана необходимость динамических испытаний ограждений предохранительных инвентарных.

Ключевые слова: работы на высоте; ограждения предохранительные инвентарные; средства индивидуальной защиты от падения с высоты; средства коллективной защиты от падения с высоты; динамические испытания; охрана труда.

DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.35-44

Введение

В настоящее время многоэтажное строительство стало “стандартом” для городского ландшафта, особенно для крупных городов, которые растут преимущественно в высоту [1–3]. В связи с этим увеличивается и объем работ, выполняемых на высоте, как на этапе строительства, так и на дальнейших этапах жизненного цикла зданий и сооружений. Официальные статистические источники (доклад Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 03.11.2015 “О реализации государственной политики в области условий и охраны труда в Российской Федерации в 2014 году”), а также доклады специалистов [4–7] доказывают, что среди всех несчастных случаев около 24 % приходится на падение работника с высоты. Подробный анализ несчастных случаев среди работников, пострадавших от падения с высоты, приведен в работе независимого эксперта В. Б. Еремеева [8].

Для решения данной проблемы можно выделить две группы средств защиты от падения с высоты.

К первой группе относятся средства индивидуальной защиты от падения с высоты (СИЗ), которые применяются непосредственно каждым работником. В настоящее время приоритетными нормативными документами, регулирующими область СИЗ, являются правила по охране труда при работе на высоте [9] (далее — Правила 155н), регламентирующие общие правила выполнения работ на высоте, и Технический регламент Таможенного союза 019/2011 о безопасности средств индивидуальной защиты [10] (далее — ТР ТС 019/2011), который регулирует технические требования, правила оборота на рынке и производство СИЗ. Ко второй группе относятся средства коллективной защиты от падения с высоты (СКЗ). В свою очередь, основные нормативно-правовые акты в области высотных работ никак не регулируют область СКЗ.

Проведя сравнительный анализ двух систем защиты от падения с высоты, можно выявить ряд преимуществ СКЗ перед СИЗ. При строительстве многоэтажных зданий к работам на высоте относятся

согласно [9] в основном работы на площадках на расстоянии менее 2 м от неогражденных перепадов по высоте более 1,8 м, а также при высоте защитного ограждения этих площадок менее 1,1 м. Применение защитных ограждений целесообразно, так как они уменьшают вероятность падения работников при проведении работ на высоте. СКЗ в отличие от СИЗ не снижают производительность, не ограничивают мобильность работника и в то же время обеспечивают безопасность, защищая от падения с высоты не каждого по отдельности, а всех работников, находящихся в пределах ограждения на рабочем горизонте, и дополнительно предотвращая падение с него разных предметов.

В данный момент единственным нормативным документом, предъявляющим требования к инвентарным ограждениям рабочих мест на высоте и проходов к ним при возведении новых и реконструкции действующих зданий и сооружений, является ГОСТ 12.4.059–89 [11].

Целью настоящей работы является систематизация ограждений, применяемых для предохранения человека от падения при выполнении работ на высоте, и актуализация требований и методов к динамическим испытаниям этих ограждений.

Для достижения поставленных целей были выполнены следующие задачи:

- анализ действующего ГОСТа [11] и зарубежного нормативного документа, регулирующего область защитных ограждений [12];
- проведение статических испытаний ограждений по ГОСТу [11] и динамических испытаний по методике, предложенной в настоящей работе.

Систематизация и актуализация

ГОСТ [11] предлагает классифицировать ограждения предохранительные по функциональному назначению, подразделяя их на три типа:

- *защитное*, служащее для предотвращения непреднамеренного доступа человека к границе перепада по высоте;
- *страховочное*, обеспечивающее удержание человека при потере им устойчивости вблизи границы перепада по высоте;
- *сигнальное*, предназначенное для обозначения опасной зоны, в пределах которой имеется опасность падения с высоты, и выполненное в виде каната, не рассчитанного на нагрузки и прикрепленного к стойкам или устойчивым конструкциям здания (сооружения).

Проанализировав технические требования, выявили, что различие между защитными и страховочными ограждениями заключается только в их определении и нормативной нагрузке, к действию которой они должны быть рассчитаны на прочность

и устойчивость. Как к защитным, так и к страховочным ограждениям одинаково предъявляются требования по коэффициенту надежности по нагрузке для расчета этих ограждений, их высоте, расстоянию между узлами крепления ограждения и расстоянию от границы перепада по высоте до ограждения. В то же время, хотя страховочные ограждения, одновременно выполняя функции защитного ограждения, и являются более значимыми при возникновении несчастного случая, ряд следующих требований предъявляется только к защитным ограждениям: величина прогиба поручня ограждения под действием расчетной нагрузки, расстояние между горизонтальными элементами в вертикальной плоскости ограждения и высота его бортового элемента.

Единственным признаком сигнального ограждения является наличие на нем знаков безопасности в виде правильных треугольников желтого цвета с черной каймой со стороны не менее 100 мм, оформленных по ГОСТ Р 12.4.026–2015 [13], расстояние между которыми должно быть не более 6 м. Нет требований ни к размеру, ни к цвету каната, из которого ограждение изготовлено.

Защитные и страховочные ограждения рассчитывают на прочность и устойчивость только к действию статической нагрузки, в то время как при удержании человека при вероятном несчастном случае воздействие на ограждение по своей природе является динамическим [14]. Только страховочные наружные ограждения дополнительно рассчитываются на прочность к действию динамической нагрузки исходя из того, что они установлены снаружи относительно границы рабочего места вблизи перепада по высоте, и возможности падения человека или иных предметов после монтажа/выполнения перекрытия этажа, на котором установлены эти ограждения, с вышерасположенных этажей. При этом использование словосочетания “уровень рабочего места” не отражает четко вышеупомянутого требования и определения “высоты ограждений” в п. 2.2.5 [11].

В связи с вышеизложенным анализом ГОСТа [11] в настоящей работе предлагается:

- вместо сигнального ограждения использовать сигнальную разметку с чередующимися красно-белыми полосами по ГОСТу [13];
- применять ограждения предохранительные, выполняющие одновременно функции защитного и страховочного ограждений;
- классифицировать предохранительные ограждения по выдерживаемой нагрузке в зависимости от угла наклона рабочей поверхности и регламентируемой предельной высоты падения [12] (рис. 1 и 2).

Из рис. 2 видно, что класс А применяется при угле наклона рабочей поверхности менее 10°. Класс Б

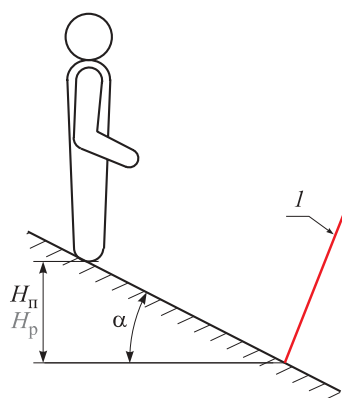


Рис. 1. Высота падения H_p на наклонной поверхности: l — ограждение предохранительное инвентарное; α — угол наклона рабочей поверхности

Fig. 1. Falling height H_p on an inclined surface: l — edge protection system; α — angle of inclination of the working surface

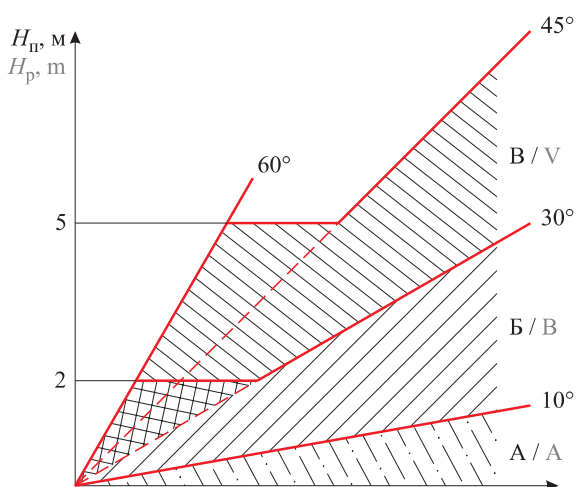


Рис. 2. Классы предохранительных ограждений в зависимости от угла наклона и высоты падения

Fig. 2. Classes of edge protections in dependence of angle and falling heights

применяется при угле наклона рабочей поверхности, менее:

- 30° — без ограничения предельно допустимой высоты падения;
- 60° — при высоте падения не более 2 м.

Таблица 1. Общие требования расчета по классу ограждений

Table 1. Overview of design requirements

Класс ограждения Class	Вид нагрузки / Load	
	статическая static	динамическая dynamic
А / А	х	х*
Б / В	х	х
В / В	—	х

* х — только для наружных ограждений, на действие груза массой 100 кг, падающего с высоты 1 м от самой верхней точки верхнего горизонтального элемента в середине пролета.

х — only for external designs, when load is not exceed 100 kg, if falling height is less than 1 m from top point of upper horizontal in the middle of working surface.

Класс В применяется при угле наклона рабочей поверхности:

- от 30 до 45° — без ограничения предельно допустимой высоты падения;
- от 45 до 60° — при высоте падения не более 5 м.

При угле наклона более 60° или более 45° при высоте падения свыше 5 м ограждения не могут использоваться в качестве СКЗ от падения с высоты. При большей высоте падения ограждения должны устанавливаться выше на наклонной поверхности, к примеру через каждые 2 и 5 м по высоте для ограждений класса Б и В соответственно.

Все классы ограждений должны рассчитываться на прочность и устойчивость к действию статических и динамических нагрузок в соответствии с табл. 1.

Методы испытаний

В настоящей работе подробно рассмотрим требования к динамическим нагрузкам для расчета ограждения класса Б и метод испытаний для проверки выполнения этих требований.

Ограждение класса Б должно иметь способность поглощать кинетическую энергию величиной 1100 Дж в любой точке на уровне 200 мм от рабочей поверхности и 500 Дж — в остальных точках, находящихся выше. При этом испытательный груз не должен преодолевать ограждение и величина мгновенного прогиба в середине пролета в момент полного поглощения энергии должна быть не менее 100 мм.

Для проверки выполнения этого требования проводится следующее испытание: испытательный образец ограждения подвергается поочередным ударам испытательного груза, пущенного в свободное падение по маятниковой траектории (в плоскости, перпендикулярной ограждению), сначала в верхнюю, а затем в нижнюю часть стойки ограждения и в том же порядке в середине пролета. Схема испытания показана на рис. 3.

Испытательный груз 2 подвешен веревкой В1, проходящей через блок Б1, и соединен с веревкой В2, проходящей через блок Б2, с помощью расцепного устройства 3. Блоки Б1 и Б2 закреплены на неподвижных опорных конструкциях таким образом, чтобы:

- при столкновении испытательного груза с испытательным образцом его центр касался образца в нужной точке;
- в момент столкновения веревка В1 отклонялась от вертикали в пределах $\pm 5^\circ$;
- угол α между веревкой В1 в точке столкновения и испытательным грузом в исходном положении был менее 65° .

Высота падения h (см. рис. 3) должна составлять 2,25 м при испытании (ударе) нижней части ограждения.

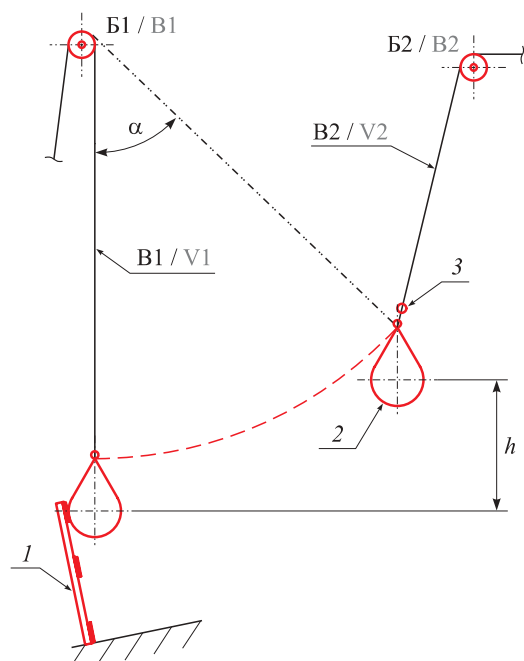


Рис. 3. Схема динамического испытания ограждений класса Б и В: 1 — испытательный образец ограждения; 2 — испытательный груз; 3 — дистанционное расцепное устройство
Fig. 3. The scheme of dynamic testing of class B and V edge protection: 1 — test sample; 2 — spherical bag; 3 — snap-hook releasable from a distance

дения (1100 Дж) и 1,0 м — при испытании других частей (500 Дж).

Испытательный груз представляет собой сфероконический мешок диаметром (400 ± 40) мм, заполненный песком с насыпной плотностью 1700 кг/м^3 (рис. 4). В его верхней части имеется кольцо для подвешивания. Масса груза $(50 \pm 0,2) \text{ кг}$ [15].

В рамках настоящей работы были проведены испытания предохранительных ограждений в соответствии с [11] и динамические испытания для ограждения класса Б по предложенной авторами методике. Испытания проводились в испытательной лаборатории ИКБС НИУ МГСУ на стендах для испытания СКЗ от падения с высоты.

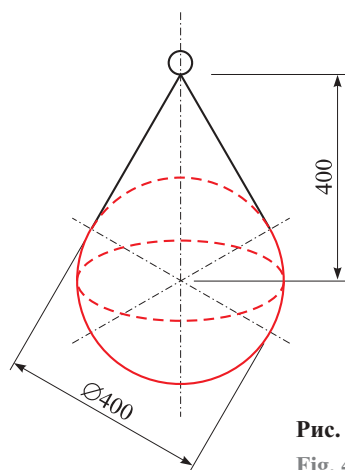


Рис. 4. Испытательный груз
Fig. 4. Spherical bag

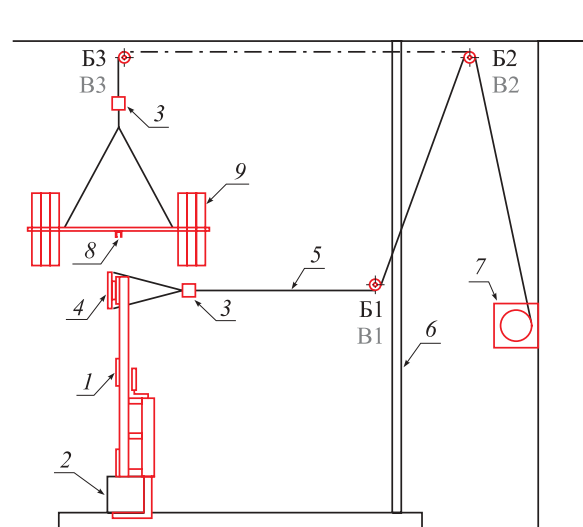
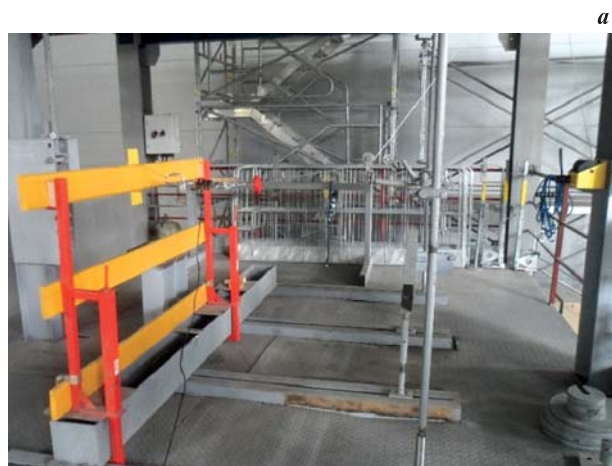


Рис. 5. Общий вид (а) и схема (б) стенда для статических испытаний ограждений классов А и Б

Fig. 5. General view (a) and scheme (b) of the stand for static testing of class A and B edge protection

Стенд для статических испытаний ограждений классов А и Б показан на рис. 5. Испытательный образец 1 устанавливают на силовую балку 2, которая имитирует фрагмент конструкций здания или сооружения 6.

Силовое воздействие на вертикальные части ограждения передается с помощью распределительной пластины 8. Нагрузка создается контрольными грузами 9, которые опускаются лебедкой 7 через блоки Б2 и Б3 при помощи троса 5. Нагрузка, регламентированная НД, фиксируется динамометром 3.

Силовое воздействие на горизонтальные части ограждения передается с помощью распределительной пластины 4. Нагрузка создается также лебедкой с плавным ходом 7. Система нагружения проходит через блоки Б2 и Б1. Динамометр 3 применяется для фиксации нагрузки, регламентированной НД.

Стенд для динамических испытаний ограждений классов Б и В показан на рис. 6, а, основание для закрепления испытательного образца 1 — на рис. 6, б.

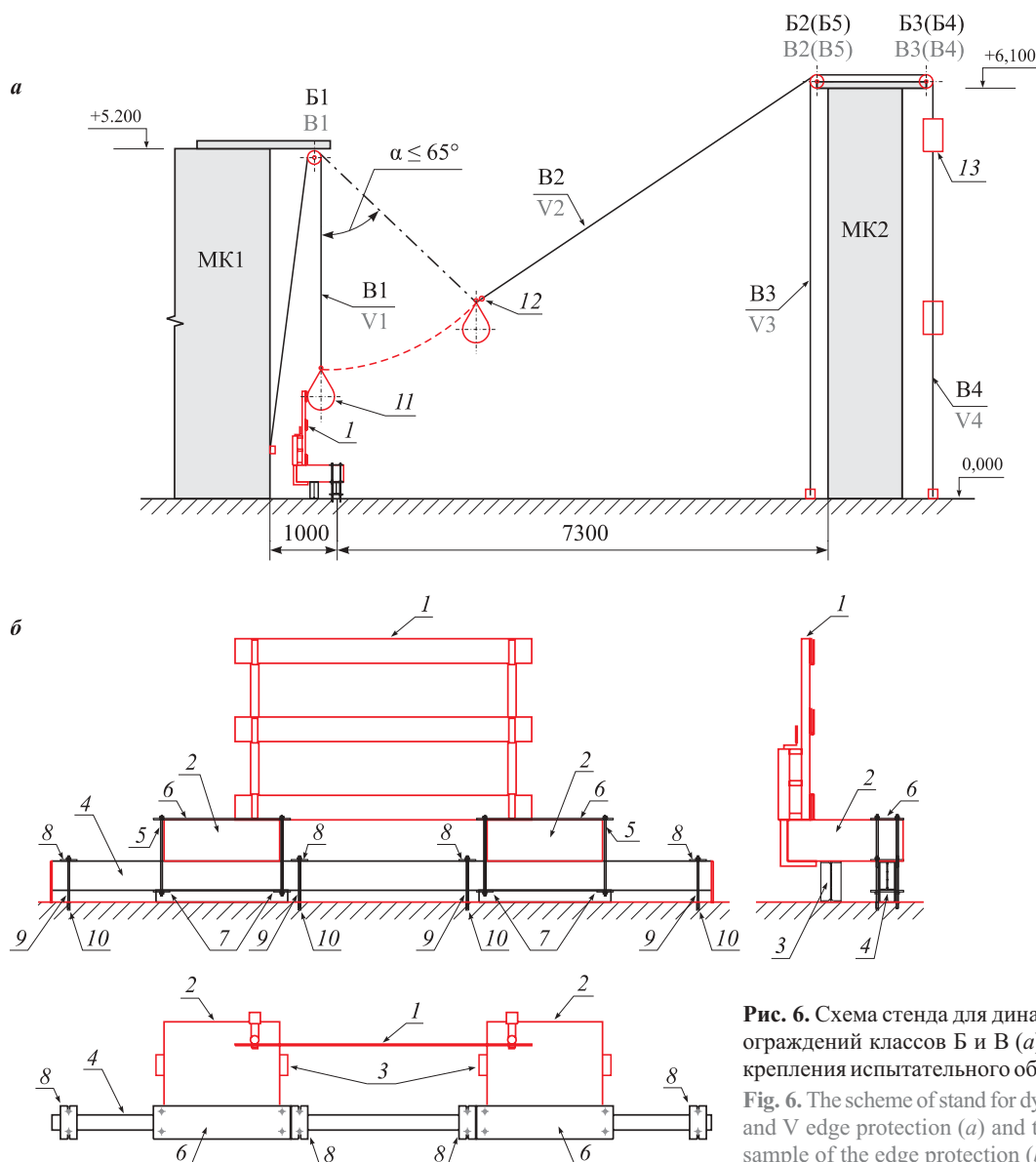


Рис. 6. Схема стенда для динамических испытаний ограждений классов Б и В (а) и основания для закрепления испытательного образца ограждения (б)
Fig. 6. The scheme of stand for dynamic testing of class B and V edge protection (a) and the basis for fixing test sample of the edge protection (b)

Основание (см. ис. 6, б) состоит из двух железобетонных плит 2 размером 700×700×250 мм, которые опираются на балки 3 и неподвижную балку 4. Плиты 2 и балки 3 можно перемещать вдоль балки 4 для соответствия размерам испытуемого образца 1. Плиты 2 крепятся к балке 4 шпильками 5 и 8 с помощью пластин 6 и 7. Балка 4 крепится к силовому полу шпильками 8 с помощью пластин 9 и забивных анкеров 10.

Испытательный груз 11 (см. рис. 6, а) подвешен за кольцо с помощью веревки В1, проходящей через блок В1, и присоединен к веревке В2, проходящей через блоки В2 и В3, с помощью расцепного устройства 12. Противовес 13 массой 30 кг подвешен к другому концу веревки В2 и веревке В3, проходящей через блоки В4 и В5, а также присоединен к веревке В4. Блоки В1 и В2 прикреплены к металлическим каркасам соответственно МК1 и МК2 в положении, которое гарантирует, что:

- при столкновении испытательного груза с испытательным образцом его центр будет касаться образца в нужной точке;
- в точке столкновения веревка В1 будет находиться в пределах $\pm 5^\circ$ от вертикали;
- угол α между веревкой В1 в точке столкновения и испытательным грузом в исходном положении будет менее 65° .

Испытательный образец состоит из двух стальных стоек и трех планок из древесины 2-го сорта сечением 140×30 мм и длиной 1,8 м. Испытания проводились на трех одинаковых образцах.

При статических испытаниях после установки испытательного образца проводится его поочередное нагружение статическими нагрузками в середине пролета в течение 1 мин: вертикальной (400 Н) на поручень и горизонтальными (700 Н) в наружную сторону на поручень, промежуточную перекладину и бортовую доску (рис. 7). В это время измеряется

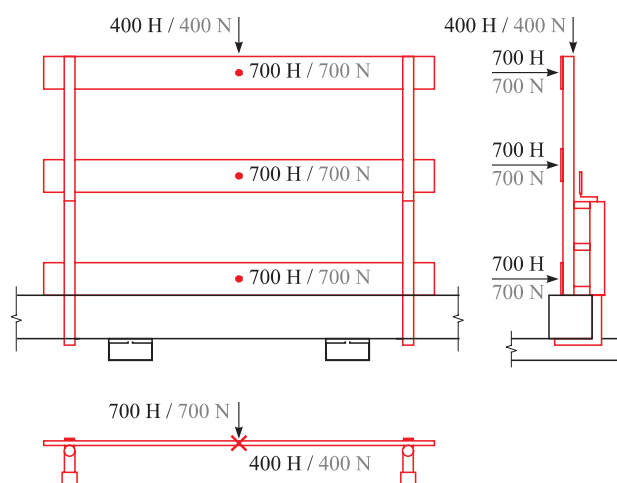


Рис. 7. Схема нагружения при статическом испытании
Fig. 7. Scheme of static loads

мгновенный прогиб δ в точке приложения нагрузки, значение которого не должно превышать 100 мм согласно [11].

Динамические испытания моделируют удар, возникающий от случайного падения человека на ограждение. После установки образца веревка В1 закрепляется так, что в момент столкновения центр испытательного груза находится на уровне поручня. Далее веревкой В2 груз поднимается на высоту падения 1,0 м и сбрасывается в свободное падение без начальной скорости посредством приведения в действие расцепного устройства (см. рис. 6,а). Затем аналогично центр груза устанавливается на высоте 200 мм от уровня рабочей поверхности и сбрасывается с высоты падения 2,25 м. После каждого удара груз удерживается во избежание вторичного удара. Цикл динамических испытаний проводится поочередно в стойку и середину пролета. При проведении испытания определяется мгновенный прогиб середины пролета ограждения в точке столкновения в момент полного поглощения энергии удара. Значение мгновенного прогиба должно быть не менее 100 мм [12].

Результаты испытаний и их обсуждение

Результаты статических испытаний приведены в табл. 2, а динамических — в табл. 3 (удар в стойку) и 4 (удар в середину пролета).

Результаты статических испытаний показывают, что все образцы ограждения выдерживают требуемую статическую нагрузку, при этом значения прогибов не превышают предельно допустимого [11].

Динамические испытания показали, что при ударе в стойку ограждений не наблюдалось проникновения испытательного груза и ухудшения характеристик стоек; при этом стойки не нуждались в исправлении установочного положения. При ударе в сере-

Таблица 2. Результаты статических испытаний ограждения ОЗ-001

Table 2. Results of static tests of edge protection OZ-001

Точка приложения нагрузки Load application point	Нагрузка*, Н, и ее направление Load*, N, direction	Средний прогиб, мм Average deflection, mm
Поручень Guardrail	480 ↓	9
	840 →	71
Промежуточная перекладина Intermediate protection	840 →	74
Бортовая доска Toeboard	840 →	67

* Величина испытательной нагрузки приведена с учетом коэффициента надежности по нагрузке $\gamma_f = 1,2$ [11].

* Test load value is given due to reliability factor in relation to loading $\gamma_f = 1,2$ [11].

Таблица 3. Результаты динамических испытаний (удар в стойку) ограждения ОЗ-001

Table 3. Results of dynamic tests (impact the post) of edge protection OZ-001

Номер образца Sample No.	Точка столкновения Impact point	Энергия удара, Дж Impact energy, J	Испытательный груз удержан / не удержан Test load is held / not held	Ограждение нуждается / не нуждается в исправлении Correction of edge protection is need / not need
1	Верхняя часть Upper part	500	Удержан Held	Не нуждается Not need
	Нижняя часть Lower part	1100	То же The same	То же The same
2	Верхняя часть Upper part	500	«	«
	Нижняя часть Lower part	1100	«	«
3	Верхняя часть Upper part	500	«	«
	Нижняя часть Lower part	1100	«	«

дину пролета происходило разрушение элементов заполнения, и ни один из образцов не удержал испытательный груз.

Из этого следует, что рассчитывать ограждения на прочность и устойчивость к действию только статической нагрузки по ГОСТу [11] недостаточно.

Таблица 4. Результаты динамических испытаний (удар в середину пролета) ограждения ОЗ-001**Table 4.** Results of dynamic tests (impact in the middle of the span) of edge protection OZ-001

Номер образца Sample No.	Точка столкновения Impact point	Энергия удара, Дж Impact energy, J	Прогиб, мм Deflection, mm	Испытательный груз удержан / не удержан Test load is held / not held	Ограждение нуждается / не нуждается в исправлении Correction of edge protection is need / not need
1	Верхняя часть / Upper part	500	—	Не удержан / Not held	Нуждается / Need
	Нижняя часть / Lower part	1100	—	То же / The same	То же / The same
2	Верхняя часть / Upper part	500	—	«	«
	Нижняя часть / Lower part	1100	—	«	«
3	Верхняя часть / Upper part	500	—	«	«
	Нижняя часть / Lower part	1100	—	«	«

Следует также проводить расчеты на действие динамических нагрузок, которые могут возникать при увеличении угла наклона рабочей поверхности.

Заключение

Анализ действующего ГОСТа [11] показал, что стандарт не отвечает требованиям безопасности, которые основываются на динамическом характере воздействия пострадавшего на ограждение во время несчастного случая. Классификация, предлагаемая ГОСТом [11], вызывает ряд вопросов с точки зрения применения ограждений и их функциональных задач.

В свою очередь, предложенная в статье классификация ограждений по углу наклона рабочей поверхности позволяет более точно использовать ограждение в зависимости от динамической нагрузки, которая может возникнуть при падении человека, что повышает безопасность на производственной площадке.

На основе зарубежного опыта [14, 16–18] в настоящей работе предложен метод динамических испытаний для ограждений класса Б с применением испытательного груза сфероконической формы, падающего с различной высоты, который позволяет

имитировать воздействие человека на ограждение наиболее естественно. При этом динамической характеристикой ограждения в предложенной методике является параметр минимального отклонения δ , который напрямую связан с перегрузкой человека во время торможения об ограждение, что отражается на здоровье пострадавшего. С вопросами перегрузки человека при падении с высоты можно подробно ознакомиться в работах [19–21].

Результаты испытаний ограждений показали, что, удовлетворяя требованиям статической прочности по ГОСТу [11], ограждение не выдержало динамического воздействия с энергией удара 500 и 1100 Дж, а значит, не может быть использовано в соответствии с классификацией на наклонной поверхности, что, в свою очередь, показывает важность динамических испытаний.

Исходя из вышеизложенного, необходимо более объемно изучить область динамических воздействий на ограждения при возникновении чрезвычайной ситуации при падении человека и провести актуализацию стандарта на предмет требований и методов динамического воздействия в целях повышения безопасности при выполнении высотных работ с использованием временных ограждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вуд Э., Холистер Н. Начало эпохи меганебоскрегов // Высотные здания. — 2012. — № 1. — С. 52–57.
2. Сенин Н. И. Рациональное применение конструктивных систем многоэтажных зданий // Вестник МГСУ. — 2013. — № 11. — С. 76–83.
3. Потапова Ю. И. Высотное строительство в России — проблемы, задачи и способы их решения // Успехи современного естествознания. — 2012. — № 6. — С. 14–16.
4. Едаменко А. С. Анализ причин травматизма в строительном комплексе // Технические науки — от теории к практике : сб. ст. XXVI Международной научно-практической конференции. — Новосибирск : СибАК, 2013. — № 9(22). — С. 177–181.
5. Рашитова Г. С., Абдюкова Г. М. Анализ производственного травматизма на строительных объектах // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием (21–23 октября 2015 г., г. Уфа) : сб. науч. ст. — Уфа : РИО ИЦИПТ, 2015. — Т. 2. — С. 286–289.

6. Овчаренко М. С. Анализ производственного травматизма в строительной отрасли Российской Федерации // Поколение будущего — 2015: Взгляд молодых ученых : сб. науч. ст. 4-й Международной молодежной научной конференции (19–20 ноября 2015 г., г. Курск). — Курск : ЮЗГУ, 2015. — Т. 3. — С. 259–262.
7. Пушенко С. Л., Стасева Е. В. Анализ и профилактика производственного травматизма при возведении высотных зданий и выполнении работ на высоте // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. — 2016. — Вып. 44-2(63). — С. 157–165.
8. Еремеев В. Б. Несчастные случаи в промышленном альпинизме и верхолазных работах: систематизация и анализ причин // Механизация строительства. — 2015. — № 10(856). — С. 46–50.
9. Правила по охране труда при работе на высоте : приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 28.03.2014 № 155н (с изм. на 17.06.2015). URL: <http://docs.cntd.ru/document/499087789> (дата обращения: 25.10.2017).
10. Технический регламент Таможенного союза. ТР ТС 019/2011. О безопасности средств индивидуальной защиты : решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 878. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902320567> (дата обращения: 25.10.2017).
11. ГОСТ 12.4.059–89. Система стандартов безопасности труда. Строительство. Ограждения предохранительные инвентарные. Общие технические условия. — Введ. 01.01.1990. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004853> (дата обращения: 25.10.2017).
12. BS EN 13374:2013. Temporary edge protection systems. Product specification. Test methods. — London : BSI, 2013. — 38 p.
13. ГОСТ 12.4.026–2015. Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний. — Введ. 01.03.2017. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200136061> (дата обращения: 25.10.2017).
14. González M. N., Cobo A., Castaño A., Prieto M. I. Comparación del comportamiento de sistemas provisionales de protección de borde frente a cargas estáticas y de impacto [A comparison of the resistance of Temporary Edge Protection Systems to static and dynamic loads] // Informes de la Construcción. — 2015. — Vol. 67, Issue 538. — e085. DOI: 10.3989/ic.13.161.
15. BS EN 596:1995. Timber structures. Test methods. Soft body impact test of timber framed walls. — Brussels : CEN, 1995. — 10 p.
16. Lan A., Daigle R. Evaluación de barandillas de seguridad de obras apoyadas en puntales [Validation of on-site job-built guardrails with shoring jack as supports] // Informes de la Construcción. — 2014. — Vol. 66, Issue 534. — e014. DOI: 10.3989/ic.12.010.
17. Lan A., Arteau J., Daigle R. Développement et validation d'une méthode d'évaluation des garde-corps fabriqués et installés à pied d'oeuvre sur les chantiers. 1. Introduction. Problématique de santé et sécurité du travail : Rapport R-415. — Québec : IRST, 2005.
18. Lan A., Daigle R. Development and validation of a method for evaluating temporary wooden guardrails built and installed on construction sites // Safety Science. — 2009. — Vol. 47, No. 2. — P. 215–226. DOI: 10.1016/j.ssci.2008.03.001.
19. Voshell Martin. High Acceleration and the Human Body. November 28th, 2004. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=D8629E3E318A57553A5494B7948E8EA6?doi=10.1.1.476.2118&rep=rep1&type=pdf> (дата обращения: 25.10.2017).
20. Korolchenko D., Pizhurin A. Simulating operational control of production in lumber house building businesses // MATEC Web of Conferences. — 2017. — Vol. 117. — Art. No. 00084. DOI: 10.1051/mateconf/201711700084.
21. González A., Ríos F. Efectos de las Aceleraciones Positivas en el Organismo Humano // Medicina Aeroespacial y Ambiental. — 2002. — Vol. 3, No. 5. — P. 222–231.

Материал поступил в редакцию 13 ноября 2017 г.

Для цитирования: Фам Нам Тхань, Василенко В. В., Корольченко Д. А. Актуализация систематизации методов динамических испытаний ограждений предохранительных инвентарных // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2017. — Т. 26, № 12. — С. 35–44. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.35-44.

ACTUALIZATION OF THE DYNAMIC TEST METHODS TO BE SYSTEMIZED FOR TEMPORARY EDGE PROTECTION SYSTEMS

PHAM NAM THANH, Institute of Construction and Architecture, National Research Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail: phamnamthanh28081991@gmail.com)

VASILENKO V. V., Head of Laboratory of Institute of Integrated Safety in Construction, National Research Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail: mgsu_promalp@mail.ru)

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

ABSTRACT

According to official sources, 24 % of all the problems of workplace injuries in Russian Federation connected with risk of falling from a height. This article presents the comparative analysis of collective fall protection systems (CFPS) and personal fall protection systems (PFPS). It has revealed advantages of CFPS over PFPS by labor productivity. Besides, using CFPS has provided the full mobility of worker and has prevented risk of falling from a height not only for one person, but for all people staying on a platform.

The question of relevant application of such CFPS as temporary edge protection systems on building sites is considered and the Russian State standard GOST 12.4.059–89 “Occupational safety standards system. Construction. Protective inventory safeguards” is analyzed. The aim of this work is to actualize systematization of the dynamic test methods for temporary edge protection systems on the territory of the Russian Federation.

According to analysis of current State standard — GOST 12.4.059–89 — it has been proposed a number of changes:

- to use a sign marking with alternating red and white stripes as prescribed by GOST 12.4.026–2015 “Occupational safety standards system. Safety colours, safety signs and signal marking. Purpose and rules of application. General technical requirements and characteristics. Methods of tests” instead of signal barriers;
- to apply temporary edge protection systems performing both protective and safety functions;
- to classify such constructions due to angle of the working surface from the horizontal and the limited fall height.

The “Test methods” section includes technical requirements to Class B systems and appropriate test methods. Results of static tests have shown that all the samples of edge protection systems could withstand the required static load, and values of deflections did not exceed the maximum permissible.

Dynamic tests have shown that impact on guardrail posts did not lead to penetration of a test load and deterioration of characteristics of posts, and it was not necessary to correct the position of protective system elements.

The conclusion is that the area of dynamic loads on temporary edge protection systems is need to be study more comprehensively taking into account accidental situations connected with risk of falling from a height. And that the actualization of standards that define requirements and test methods of dynamic load should increase the high-rise work safety using temporary edge protection systems.

Keywords: height works; temporary edge protection systems; personal fall protection system; collective fall protection systems; dynamic tests; safety and health.

REFERENCES

1. Wood A., Hollister N. Entering the era of the megatall. *Vysotnyye zdaniya / Tall Buildings*, 2012, no. 1, pp. 52–57 (in Russian).
2. Senin N. I. Rational usage of structural systems of multi-storey buildings. *Vestnik MGSU / Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering*, 2013, no. 11, pp. 76–83 (in Russian).
3. Potapova Yu. I. High-rise construction in Russia — problems, tasks and ways of their decision. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya / Advances in Current Natural Sciences*, 2012, no. 6, pp. 14–16 (in Russian).

4. Edamenko A. S. Analysis of injury building complex. In: *Tekhnicheskiye nauki — ot teorii k praktike. Sbornik statey XXVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Engineering — from theory to practice. Collected papers of XXVI International Scientific and Practical Conference]. Novosibirsk, SibAK Publ., 2013, no. 9(22), pp. 177–181 (in Russian).
5. Rashitova G. S., Abdyukova G. M. The analysis of operational injuries on construction objects. In: *Proceedings of All-Russian scientific and practical conference with the international participation* (October 21–23, 2015, Ufa). Ufa, RIO ITsIPT Publ., 2015, vol. 2, pp. 286–289 (in Russian).
6. Ovcharenko M. S. The analysis of operational injuries in construction industry of the Russian Federation. In: *Future Generation–2015: The vision of young scientists. Proceedings of the 4th International Youth Scientific Conference* (November 19–20, 2015, Kursk). Kursk, Southwest State University Publ., 2015, vol. 3, pp. 259–262 (in Russian).
7. Pushenko S. L., Staseva E. V. Analysis and prevention of occupational injuries in the construction of high-rise buildings and performing work at height. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura / Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture*, 2016, issue 44–2(63), pp. 157–165 (in Russian).
8. Yermeev V. B. Ordering accidents and emergencies in the rope access and work at height: analysis. *Mekhanizatsiya stroitel'stva / Mechanization of Construction*, 2015, no. 10(856), pp. 46–50 (in Russian).
9. *About the approval of rules on labor protection during the work at height*. Order of Ministry of Labor of the Russian Federation on 28.03.14 No. 155n (ed. on 17.06.2015) (in Russian). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/499087789> (Accessed 25 October 2017).
10. *Technical regulations of the Customs union. TR CU 019/2011. On safety of personal protective equipment*. Decision of the Customs union commission on 09.12.2011 No. 878 (in Russian). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902320567> (Accessed 25 October 2017).
11. *Interstate standard 12.4.059–89. Occupational safety standards system. Construction. Protective inventory safeguards. General specifications* (in Russian). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200004853> (Accessed 25 October 2017).
12. *BS EN 13374:2013. Temporary edge protection systems. Product specification. Test methods*. London, BSI, 2013. 38 p.
13. *Interstate standard 12.4.026–2015. Occupational safety standards system. Safety colours, safety signs and signal marking. Purpose and rules of application. General technical requirements and characteristics. Test methods* (in Russian). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200136061> (Accessed 25 October 2017).
14. González M. N., Cobo A., Castaño A., Prieto M. I. Comparación del comportamiento de sistemas provisionales de protección de borde frente a cargas estáticas y de impacto. *Informes de la Construcción*, 2015, vol. 67, issue 538, e085. DOI: 10.3989/ic.13.161.
15. *BS EN 596:1995. Timber structures. Test methods. Soft body impact test of timber framed walls*. Brussels, CEN, 1995. 10 p.
16. Lan A., Daigle R. Evaluación de barandillas de seguridad de obras apoyadas en puntales [Validation of on-site job-built guardrails with shoring jack as supports]. *Informes de la Construcción*, 2014, vol. 66, issue 534, e014. DOI: 10.3989/ic.12.010.
17. Lan A., Arteau J., Daigle R. *Développement et validation d'une méthode d'évaluation des garde-corps fabriqués et installés à pied d'oeuvre sur les chantiers. 1. Introduction. Problématique de santé et sécurité du travail*. Rapport R-415. Québec, IRST, 2005.
18. Lan A., Daigle R. Development and validation of a method for evaluating temporary wooden guardrails built and installed on construction sites. *Safety Science*, 2009, vol. 47, no. 2, pp. 215–226. DOI: 10.1016/j.ssci.2008.03.001.
19. Voshell Martin. High Acceleration and the Human Body. November 28th, 2004. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=D8629E3E318A57553A5494B7948E8EA6?doi=10.1.1.476.2118&rep=rep1&type=pdf> (Accessed 25 October 2017).
20. Korolchenko D., Pizhurin A. Simulating operational control of production in lumber house building businesses. *MATEC Web of Conferences*, 2017, vol. 117, art. no. 00084. DOI: 10.1051/matec-conf/201711700084.
21. González A., Ríos F. Efectos de las Aceleraciones Positivas en el Organismo Humano. *Medicina Aeroespacial y Ambiental*, 2002, vol. 3, no. 5, pp. 222–231.

For citation: Pham Nam Thanh, Vasilenko V. V., Korolchenko D. A. Actualization of the dynamic test methods to be systemized for temporary edge protection systems. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 12, pp. 35–44 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.35-44.

Д. Ю. МИНКИН, д-р техн. наук, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149; e-mail: minkin@igps.ru)

С. Н. ТЕРЕХИН, д-р техн. наук, доцент кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149; e-mail: expert_terehin@inbox.ru)

А. П. КОРОЛЬКОВ, канд. техн. наук, профессор кафедры системного анализа и антикризисного управления, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149; e-mail: akorolkov@ro.ru)

Ш. А. ОСМАНОВ, инспектор отдела информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС и пожарной безопасности, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149; e-mail: 28029005@mail.ru)

УДК 004.932.2

КОСМИЧЕСКИЙ ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ МОНИТОРИНГ НЕФТЕГАЗОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Обоснована необходимость применения методов и технологий космического мониторинга для оценки состояния районов нефтедобычи и трубопроводного транспорта. Рассмотрены способы реализации дистанционного космического мониторинга поверхности земли. Показано, что для космического мониторинга состояния магистральных и производственных трубопроводов перспективной является технология инфракрасного зондирования. Приведены основные характеристики тепловизионных систем, определяющие параметры систем инфракрасного мониторинга, и связь характеристик ИК-сенсора. Отмечено, что тепловизионные изображения практически всегда сопровождаются сильными шумами. Рассмотрен подход к решению проблемы коррекции геометрических шумов в системах тепловидения.

Ключевые слова: нефтепроводный транспорт; космический мониторинг; тепловизионный контроль; алгоритм; фильтрация шума.

DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.45-51

Введение

Нефтегазовая отрасль является ключевой в экономике современной России. В государственном балансе запасов учтено более 2500 месторождений нефти и природного газа. Потенциальные нефтегазоносные провинции занимают огромные площади и резко отличаются по степени геологической изученности и прогнозным ресурсам. В настоящее время на территории нашей страны эксплуатируется более 1 млн. км магистральных, промысловых и распределительных нефте-, газо- и продуктопроводов. Трубопроводная система покрывает 35 % огромной территории страны, на которой проживает почти 60 % ее населения [1], поэтому транспортировка нефти и газа при соблюдении требований к обеспечению безопасности окружающей среды является актуальной задачей.

По мнению Ростехнадзора, дистанционный надзор на основе использования новейших технологий стал насущной необходимостью в решении задач повышения качества надзора, его оперативности. В связи

с этим исключительное значение приобретают вопросы разработки и внедрения в практику новых методов и средств диагностики подобных объектов, так как только на магистральных трубопроводах ежегодно происходит в среднем около 55 аварий [2]. Наиболее вероятными местами утечек взрывопожароопасных продуктов в трубопроводной системе являются фланцевые соединения, сварные стыки.

Тепловизионная система может стать одним из важнейших элементов информационного обеспечения нефтепроводного транспорта. Передача сведений об оперативной обстановке на участке, идентификация объектов поиска позволит в значительной степени повысить эффективность управления. Наличие информации о результатах разведки обеспечит высокий уровень взрывопожаробезопасности самих нефтеперерабатывающих комплексов и транспортных узлов и повысит оперативность принятия решений для предотвращения крупной аварии.

Задача тепловизионной системы, формирующей изображение, заключается в создании резкого, чис-

того изображения, свободного от шумов и искажений, однако это представляет определенные трудности. Качество тепловизионных изображений зависит как от распределения температуры по поверхности наблюдаемого объекта, так и от коэффициента излучения и ориентации визируемых элементов его поверхности и формы. Кроме того, качество тепловизионного изображения зависит от передаточных характеристик приемника. Тепловизионные системы нуждаются в существенном совершенствовании, что связано со сравнительно большой неоднородностью параметров и характеристик тепловизоров, нелинейностью их характеристик, высоким уровнем шумов и низкой контрастностью изображения. В связи с этим исследование возможности применения тепловизоров в целях космического мониторинга нефтепроводного транспорта является актуальной задачей.

Постановка задачи

Для обеспечения безопасности на объектах добычи, переработки, хранения, транспортировки и раздачи нефти, нефтепродуктов и газа, повышения эффективности функционирования предприятий нефтегазовой отрасли необходимо использовать последние достижения науки в области мониторинга объектов нефтегазового комплекса (НГК). В настоящее время наиболее эффективными по охвату территории, регулярности и оперативности обследования являются космические методы, которые тем не менее не конкурируют с существующими [2].

Актуальность и необходимость применения космических методов и технологий в нефтегазовой отрасли России обусловлены следующими обстоятельствами:

- значительными площадями нефтегазоносных территорий;
- большой протяженностью трубопроводных сетей для транспортировки углеводородов;
- труднодоступностью большей части регионов, где производится добыча и транспортировка углеводородов на суше и в прибрежных акваториях;
- суровыми погодными условиями;
- широкими и непрерывно возрастающими возможностями для решения большого числа разнородных задач, стоящих перед нефтегазовой отраслью.

В качестве элементов космической инфраструктуры могут выступать:

- спутники, оборудованные оптической аппаратурой ультрафиолетового (УФ), видимого и инфракрасного (ИК) диапазонов спектра сверхвысокого и высокого разрешения (0,4–4,0 м); много-спектральной аппаратурой среднего (5,0–90 м)

и низкого (100–1000 м) разрешения (обзорные); гиперспектральной аппаратурой;

- спутники, оборудованные радиолокаторами с синтезированной апертурой (РСА) высокого (1,0–8,0 м), среднего (12,5–25,0 м) и низкого (100–600 м) разрешения;
- спутники магнитной и гравитационной съемки;
- орбитальные станции;
- различные воздушные средства (самолеты, вертолеты, беспилотные летательные аппараты и др.), оборудованные необходимой аппаратурой.

В свою очередь наземная инфраструктура представлена различными центрами приема и обработки данных дистанционного зондирования Земли [3].

Говоря о физических принципах обнаружения утечек нефти или газа из трубопроводов при аэрокосмическом мониторинге, следует отметить, что в зависимости от типа применяемой аппаратуры физический принцип изменяется следующим образом:

- при применении ИК- и радиотепловой аппаратуры утечка идентифицируется по возникновению теплового контраста в месте ее появления, обусловленного разницей температур транспортируемого продукта и окружающего трубопровод грунта;
- при применении много- или гиперспектральной аэрокосмической аппаратуры утечка идентифицируется по появлению контрастов яркости на различных участках электромагнитного спектра вследствие различия спектральных отражательных способностей;
- при применении радиолокационной (РЛ) аппаратуры утечка идентифицируется по сужению спектра РЛ-сигналов, отраженных от мест загрязнения земной поверхности, или по изменению корреляционных характеристик сигнала;
- при применении многочастотных радиолокаторов утечка идентифицируется по изменению диэлектрической проницаемости почвы в местах ее возникновения;
- при применении флуоресцентных лидаров утечка идентифицируется по изменению спектров флуоресценции в местах ее возникновения, обусловленного индивидуальностью флуоресцентных характеристик каждого углеводородного компонента.

Результаты мониторинга подвергаются различной обработке, предварительной или детальной, на основе которой формируются тематические карты и ГИС различной направленности, предназначенные для оценки текущей обстановки эксплуатации и принятия определенных решений [3, 4].

В целом, главным преимуществом методов космического мониторинга является их комплексный характер, т. е. возможность не только обнаружения

и локализации утечек нефти и газа из трубопроводов, но и диагностики нарушений технического состояния (определения мест обводнения, всплывания, выхода трубопровода на поверхность и др.); определения мест несанкционированных врезок в магистральные нефтепроводы по изображениям подповерхностных слоев района прохождения трассы магистрального трубопровода; выявления несанкционированной хозяйственной и строительной деятельности в охранных зонах магистральных трубопроводов; определения потенциально опасных участков трубопроводов в результате деформаций поверхности на участках подводных переходов трубопроводов через реки, водоемы, болота; контроля устранения выявленных нарушений.

Дистанционный космический мониторинг поверхности земли выполняется с помощью различных подходов — спектрометрического, радиометрического, радиолокационного и лазерного [4].

Наряду с названными подходами к диагностике состояния магистральных трубопроводов, перспективным является подход с использованием методов тепловизионного контроля. Это обусловлено не только их преимуществами, но и уникальностью, которая заключается в выявлении прежде всего таких повреждений трубопроводов, как свищи и трещины. В случае аварийной ситуации выброс газа будет происходить с высокой скоростью и большим расходом, что может привести к каскадному развитию аварии. Повреждения такого рода не влияют на режим перекачки и не могут быть обнаружены параметрическими методами или внутритручными мониторинговыми системами.

Основными характеристиками тепловизионных систем, определяющими параметры систем инфракрасного мониторинга, являются спектральный диапазон $\Delta\lambda$, температурная чувствительность ΔT , угловое разрешение δ_ϕ и угловая ширина полосы захвата Ω [4]. Связь основных характеристик ИК-сенсора можно представить в виде:

$$\Lambda = \frac{\Delta T \delta_\phi \Delta \lambda}{\sqrt{\Omega}} = \frac{4c_2 \sqrt{v/r}}{c_1 k_{\text{ОМТ}}} \frac{1}{\beta} \left(\frac{F}{D_A} \right) \times \\ \times \frac{1}{D^* \sqrt{N_t N_n}} \frac{\lambda^3}{q_A(\lambda) \varepsilon(\lambda)} \Psi \left(\frac{c_2}{\lambda T} \right); \\ \Psi(x) = e^x \left[\frac{1 - e^{-x}}{x} \right]^2,$$

где c — скорость света в вакууме;

$$c_1 = 2\pi c^2 h; \quad c_2 = ch/k;$$

$$k — \text{постоянная Больцмана}; \quad k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К};$$

$$h — \text{постоянная Планка}; \quad h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с};$$

$$v — \text{скорость космического аппарата (КА)};$$

$$v \approx 8 \text{ км/с};$$

$$r — \text{дальность зондирования};$$

$k_{\text{ОМТ}}$ — коэффициент ослабления при распространении излучения в оптико-механическом тракте оптико-электронной системы (ОЭС);

β — коэффициент, принимающий значения от 1,22 (в случае дифракционного разрешения) до 2...3;

D_A, F — диаметр апертуры и фокусное расстояние ОЭС;

D^* — обнаружительная способность материала приемника;

N_t, N_n — число строк и столбцов матричного приемного устройства;

$q_A(\lambda)$ — коэффициент ослабления излучения в атмосфере;

$\varepsilon(\lambda)$ — степень черноты участка земной поверхности;

λ — длина волны;

T — температура объекта.

При больших длинах волн значение $\Psi(c_2/(\lambda T))$ близко к единице. Тогда приближенно можно записать:

$$\Lambda = \frac{4c_2 \sqrt{v/r}}{c_1 k_{\text{ОМТ}}} \frac{1}{\beta} \left(\frac{F}{D_A} \right) \frac{1}{D^* \sqrt{N_t N_n}} \frac{\lambda^3}{q_A(\lambda) \varepsilon(\lambda)}.$$

Проведенный анализ позволяет определить целесообразный облик тепловизоров космического базирования, с длинами волн ИК-диапазона, ориентированных на мониторинг объектов НГК. Во-первых, такая система должна работать в спектральном диапазоне 8...12 мкм, что обеспечивает высокую чувствительность системы к собственному излучению объектов, расположенных на земной поверхности, при достаточно хорошем угловом разрешении. Во-вторых, для обеспечения высокого пространственного разрешения целесообразно использовать систему с диаметром апертуры около 1 м. При этом реализуемое угловое разрешение составит около 12 мкрад, что при высоте орбиты КА 500 км будет соответствовать пространственному разрешению 6 м. В-третьих, при мониторинге объектов НГК отсутствует необходимость больших полос обзора космического ИК-сенсора, так как положение указанных объектов на земной поверхности известно достаточно точно. Например, при использовании матричного приемного устройства, имеющего двумерное цифровое изображение 256×256 пикселей, при разрешении 12 мкрад размеры кадра на земной поверхности составят 1,5×1,5 км², что вполне приемлемо для решения большинства задач диагностики объектов НГК. При обработке данных мониторинга перспективно использовать математические модели диагностируемых объектов, что при идентификации модели с полученным изображением позволяет получить оценки ее параметров, в том числе геометрических, с ошибками, существенно меньшими физического разрешения системы [5–7].

Решение задачи

Тепловизионные изображения практически всегда сопровождаются сильными шумами. Принимаемое космическим тепловизором ИК-излучение включает как собственное излучение земной поверхности и объектов, расположенных на ней и в почве, так и отраженное земной поверхностью солнечное излучение, а также собственное излучение атмосферы и отражаемое ею солнечное излучение. Собственное излучение атмосферы включает тепловое излучение и свечение. Свечение атмосферы определяется разнообразными физическими и химическими процессами, имеющими место при взаимодействии солнечного излучения с атмосферными газами.

Создаваемые разнообразными физическими и химическими процессами шумы бывают разных видов:

- белый шум — сигнал, отсчеты которого не коррелируют друг другом, и его разновидность — гауссовский шум, который возникает, в частности, при плохих условиях приема сигнала и описывается гауссовской функцией плотности распределения амплитуд;
- импульсный шум — случайные изолированные точки на изображении, значение каждой из которых значительно отличается от значений окружающих точек (обычно возникает при передаче по аналоговым каналам);
- цветные пятна, характерные для аналогового сигнала.

Кроме того, тепловизионные системы сами нуждаются в существенном совершенствовании, что связано со сравнительно большой неоднородностью параметров и характеристик тепловизоров, нелинейностью их характеристик, высоким уровнем шумов и низкой контрастностью изображения. В связи с этим исследование возможности применения тепловизоров в целях космического мониторинга нефтепроводного транспорта является актуальной задачей.

Алгоритмы фильтрации шумов обычно специализируются на подавлении какого-то конкретного вида шума. Не существует пока универсальных фильтров, детектирующих и подавляющих все виды шумов. Однако многие виды шумов могут быть довольно хорошо приближены в виде модели к белому гауссовскому шуму, поэтому большинство алгоритмов ориентировано на фильтрацию именно этой разновидности шума. Кроме того, к этим шумам добавляется шум усилителя приемника. Следовательно, целью этого этапа обработки является уменьшение шума с помощью соответствующих методов фильтрации. Это очень важный этап, поскольку здесь формируются характеристики изображения (особенно отношение сигнала к шуму), определяющие возможность применения более традиционных ме-

тодов для обработки изображений в видимой области [8, 9].

Множество подходов к улучшению изображений распадается на две большие категории: методы обработки в пространственной области и методы обработки в частотной области.

Однако алгоритмы обработки как в частотной, так и в пространственной области имеют большую вычислительную сложность, которая ограничивает их использование для обработки изображений в масштабе реального времени. Другой подход к обработке изображений в целях улучшения их визуального качества состоит в непосредственном использовании разных фильтров, функционирующих в основном в частотной области и реже — в пространственной. Для этого используют разные методы синтеза фильтров, как одномерных, так и двумерных, что обеспечивает реализацию заданных частотных характеристик [6, 10].

Качество тепловизионных изображений зависит от распределения температуры по поверхности наблюдаемого объекта, а также от характеристик и параметров самих тепловизоров. Неоднородность характеристик фоточувствительных элементов матричных фотоприемных устройств в тепловизионных приборах ведет к появлению так называемых геометрических шумов, что является одним из аспектов проблемы визуализации тепловых полей. Коррекция этих шумов в системах тепловидения — одна из основных задач [7, 11]. Рассмотрим подход к решению этой задачи.

Пусть каждый из $N \times N$ элементов матричного фотоприемного устройства имеет линейные отклики в заданном диапазоне температур:

$$U_{ij} = a_{ij} T_{ij} + b_{ij}, \quad i, j = 1, \dots, N, \quad (1)$$

где U_{ij} — электрический отклик;

a_{ij}, b_{ij} — коэффициенты матрицы, характеризующие разброс фоточувствительных элементов по чувствительности;

T_{ij} — наблюдаемое температурное поле.

Вследствие наличия геометрических шумов электрический отклик может существенно отличаться от наблюдаемого температурного поля.

Перспективным подходом к коррекции геометрических шумов является использование двух неаттестованных тепловых полей. Суть предлагаемой коррекции состоит в том, чтобы за счет случайного сканирования тепловых сцен получить эффективные квазиоднородные температурные поля $T_{1\text{эфф}}$ и $T_{2\text{эфф}}$ и далее проводить двухточечную коррекцию [12].

Направив на фотоприемное устройство поток от первого неаттестованного температурного поля (“холодная сцена”) и проведя случайное сканирование этой сцены, накапливаем и усредняем отсчеты. В ре-

зультате будем иметь отклик фотоприемного устройства:

$$U_{1ij} = a_{ij}T_{1эфф} + b_{ij}, \quad i, j = 1, \dots, N. \quad (2)$$

Проведя аналогичное сканирование и усреднение второго неаттестованного температурного поля (“теплая сцена”), получим другой отклик фотоприемного устройства:

$$U_{2ij} = a_{ij}T_{2эфф} + b_{ij}, \quad i, j = 1, \dots, N. \quad (3)$$

Далее, осуществляя обработку сигналов U_{ij} , U_{1ij} , U_{2ij} по алгоритму

$$V_{ij} = k_1 \frac{U_{ij} - U_{2ij}}{U_{1ij} - U_{2ij}} + k_2, \quad i, j = 1, \dots, N, \quad (4)$$

получим скорректированное тепловое изображение (где k_1 , k_2 — произвольные постоянные, подбираемые из изображений максимальной видимости теплового изображения).

Вывод

Тепловизионный мониторинг нефтегазопроводного транспорта является перспективным направлением, базирующимся на детальном изучении особенностей и закономерностей развития аварийных ситуаций с учетом совокупности факторов, влияющих на возникновение и развитие пожара.

Для улучшения визуального качества изображений необходимо использовать разные методы синтеза фильтров, как одномерных, так и двумерных, что обеспечит реализацию заданных частотных характеристик.

Для повышения качества изображения, коррекции тепловизионного изображения в реальном масштабе времени, т. е. непосредственно в процессе работы тепловизионного прибора, может быть использован рассмотренный в статье метод коррекции геометрических шумов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергетическая стратегия России на период до 2020 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.08.2003 № 1234-р (ред. от 15.06.2009). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_87926/67a85f9e2b4e8015de2c5b72ee1c71c37a562946/ (дата обращения: 20.05.2017).
2. Мухамедяров Р. Д. Аэрокосмические технологии мониторинга состояния нефтегазопроводов, хранилищ и экологии окружающей среды // VIII Международная деловая встреча “Диагностика–98” (апрель 1998 г., г. Сочи) : сб. докладов. — М. : ИРЦ Газпром, 1998. — Т. 2. — С. 85–97.
3. Кутуков С. Е., Бадиков Ф. И., Самигуллин Г. Х. Использование интеллектуальных систем в мониторинге режимов эксплуатации нефтепроводов // Нефтегазовое дело : электронный научный журнал. — 2001. — № 2. — 14 с. URL: <http://ogbus.ru/authors/Kutukov/kut2.pdf> (дата обращения: 20.05.2017).
4. Нефедов В. И., Пугачев О. И., Егорова Е. В., Герасимов А. В. Применение цифровой обработки для фильтрации шума в звуковых сигналах // Нелинейный мир. — 2009. — Т. 7, № 11. — С. 869–871.
5. Бехтин Ю. С., Брянцев А. А., Баранцев А. А. Применение пространственно-ориентированных деревьев вейвлет-преобразования для комплексирования зашумленных мультиспектральных изображений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. — 2012. — № 1. — С. 19–25.
6. Якименко И. В., Жендарев М. В. Пространственная фильтрация тепловых объектов на коррелированном атмосферном фоне // Журнал радиоэлектроники. — 2009. — № 2. URL: <http://jre.cplire.ru/win/feb09/1/text.html> (дата обращения: 20.05.2017).
7. Ллойд Дж. Системы тепловидения / Пер. с англ. — М. : Мир, 1978. — 414 с.
8. Краснящих А. В. Обработка оптических изображений : учебное пособие. — СПб. : НИУ ИТМО, 2012. — 129 с.
9. Непобедимый С. П., Балтер Б. М., Егоров В. В., Калинин А. П., Родионов И. Д., Родионова И. П., Стальная М. В. Имитационное моделирование данных гиперспектрального зондирования Земли // Доклады Академии наук. — 2008. — Т. 420, № 5. — С. 623–627.
10. Beier K., Gemperlein H. Simulation of infrared detection range at fog conditions for Enhanced Vision Systems in civil aviation // Aerospace Science and Technology. — 2004. — Vol. 8, Issue 1. — P. 63–71. DOI: 10.1016/j.ast.2003.09.002.
11. Saito H., Hagihara T., Hatanaka K., Sawai T. Development of pedestrian detection system using far-infrared ray camera // SEI Technical Review. — April 2008. — No. 66. — 6 p. URL: <http://global-sei.com/technology/tr/bn66/pdf/66-15.pdf> (дата обращения: 20.05.2017).

12. Родионов А. И., Ким В. Ф. Об одном методе коррекции тепловизионного изображения в реальном масштабе времени // Интерэкспо Гео-Сибирь. — 2007. — Т. 4, № 2. — С. 207–210. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/ob-odnom-metode-korreksii-teplovizornogo-izobrazheniya-v-realnom-mashtabe-vremeni> (дата обращения: 24.05.2017).

Материал поступил в редакцию 17 июня 2017 г.

Для цитирования: Минкин Д. Ю., Терехин С. Н., Корольков А. П., Османов Ш. А. Космический тепловизионный мониторинг нефтегазопроводного транспорта // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2017. — Т. 26, № 12. — С. 45–51. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.45-51.

English

SPACE THERMOVISION MONITORING OF OIL AND GAS TRANSPORTATION

MINKIN D. Yu., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Fire Safety of Buildings and Automated Fire Suppression Systems, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation; e-mail: minkin@igps.ru)

TEREKHIN S. N., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Fire Safety of Buildings and Automated Fire Suppression Systems, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation; e-mail: expert_terehin@inbox.ru)

KOROLKOV A. P., Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of System Analysis and Anti-Crisis Management, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation; e-mail: akorolkov@ro.ru)

OSMANOV Sh. A., Inspector of Informational Support of the Population and Information Support Technology of the Emergency Control and Fire Safety Department, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation; e-mail: 28029005@mail.ru)

ABSTRACT

Oil and gas pipelines require systematic supervision and control in order to ensure their safe exploitation, even more so during spring/autumn/summer thawing, freezing and flooding seasons when soil deformation is at its highest. In the article, several ways of Earth's surface space monitoring are considered. It's pointed out that infrared sounding appears to be the most promising method of space monitoring the condition of main and production pipelines. It's due to infrared sounding's unique capability to detect pipeline's construction flaws and breaches. However, thermal imaging systems are still in need of significant development, due to high noise and low image contrast levels. As of present time, there are no universally applicable filters, capable of detecting and suppressing all types and levels of noise. Further development in this sphere requires broadening of the arsenal of algorithmic processing facilities, which remains insufficient. The quality of thermal imaging depends on temperature distribution on the surface of the examined object as well as characteristics and parameters of thermal imaging systems themselves. The variety of parameters in photosensitive elements of photodetective device's matrix leads to the appearance of so-called geometric noises in thermal imaging devices. Correction of geometrical noises in thermal imaging systems is one of the key problems. The approach to the solution of this problem is considered in the article.

Keywords: oil pipeline transport; space monitoring; thermal imaging control; algorithm; noise filtering.

REFERENCES

1. *Energy Strategy of Russia for the period until 2020*. Order of the Government of the Russian Federation on 28.08.2003 No. 1234-r (ed. on 15.06.2009) (in Russian). Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW+87926/67a85f9e2b4e8015de2c5b72ee1c71c37a562946/ (Accessed 20 May 2017).
2. Mukhamedyarov R. D. Aerospace technologies monitoring the state of oil and gas pipelines, storage facilities and the environment. In: *Diagnostika–98* [Diagnostics–98]. Proceedings of VIII International Business Meeting (April 1998, Sochi). Moscow, IRTs Gazprom Publ., 1998, vol. 2, pp. 85–97 (in Russian).
3. Kutukov S. E., Badikov F. I., Samigullin G. H. The use of intelligent systems in monitoring the operating modes of oil pipelines. *Neftegazovoye delo. Elektronnyy nauchnyy zhurnal / Oil and Gas Business. The electronic scientific journal*, 2001, no. 2. 14 p. (in Russian). Available at: <http://ogbus.ru/authors/Kutukov/kut2.pdf> (Accessed 20 May 2017).
4. Nefedov V. I., Pugachev O. I., Egorova E. V., Gerasimov A. V. Application of digital processing for a noise filtration in sound signals. *Nelineinyi mir / Nonlinear World*, 2009, vol. 7, no. 11, pp. 869–871 (in Russian).
5. Bekhtin Yu. S., Bryantsev A. A., Barantsev A. A. Wavelet-based fusion of noisy multispectral images using structure-oriented trees. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravleniye, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoye priborostroyeniye / Proceedings of the South-West State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*, 2012, no. 1, pp. 19–25 (in Russian).
6. Yakimenko I. V., Zhendarev M. V. Spatial filtering of thermal objects on an correlated atmospheric background. *Zhurnal radioelektroniki / Journal of Radioelectronics*, 2009, no. 2. Available at: <http://jre.cplire.ru/win/feb09/1/text.html> (Accessed 20 May 2017).
7. Lloyd J. M. *Thermal imaging systems*. New York, Plenum Press, 1975 (Russ. ed.: Lloyd J. Sistemy teplovideniya. Moscow, Mir Publ., 1978. 414 p.).
8. Krasnyashchikh A. V. *Obrabotka opticheskikh izobrazheniy* [Processing of optical images]. Saint Petersburg, NIU ITMO Publ., 2012. 129 p. (in Russian).
9. Nepobedimyy S. P., Balter B. M., Yegorov V. V., Kalinin A. P., Rodionov I. D., Rodionova I. P., Stalnaya M. V. Simulation data of hyperspectral sensing of the earth. *Doklady Akademii nauk / Proceedings of the Russian Academy of Sciences*, 2008, vol. 420, no. 5, pp. 623–627 (in Russian).
10. Beier K., Gemperlein H. Simulation of infrared detection range at fog conditions for Enhanced Vision Systems in civil aviation. *Aerospace Science and Technology*, 2004, vol. 8, issue 1, pp. 63–71. DOI: 10.1016/j.ast.2003.09.002.
11. Saito H., Hagihara T., Hatanaka K., Sawai T. Development of pedestrian detection system using far-infrared ray camera. *SEI Technical Review*, April 2008, no. 66. 6 p. Available at: <http://global-sei.com/technology/tr/bn66/pdf/66-15.pdf> (Accessed 20 May 2017).
12. Rodionov A. I., Kim V. F. About one method of correcting the thermal imaging image in real time. *Interespo Geo-Sibir / Interexpo Geo-Siberia*, 2007, vol. 4, no. 2, pp. 207–210 (in Russian). Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/ob-odnom-metode-korreksii-teplovizornogo-izobrazheniya-v-real-nom-masshtabe-vremeni> (Accessed 24 May 2017).

For citation: Minkin D. Yu., Terekhin S. N., Korolkov A. P., Osmanov Sh. A. Space thermovision monitoring of oil and gas transportation. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 12, pp. 45–51 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.45-51.

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

Т. Ю. ЕРЕМИНА, д-р техн. наук, профессор, старший научный сотрудник Научно-образовательного комплекса организационно-управленческих проблем ГПС, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: main@stopfire.ru)

УДК 614.84.664

ОГNETУШАЩАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕНЫ, ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СОЛЕВЫХ РАСТВОРОВ

Приведены результаты, полученные в ходе систематических экспериментальных исследований процесса тушения пламени нефтепродуктов подачей пены, полученной из концентрированных солевых растворов, в основание резервуара. Определены зависимости коэффициента растекания водно-солевого раствора по поверхности гептана и гептана по водно-солевому раствору пенообразователя с содержанием хлорида аммония. Выявлено, что с ростом концентрации хлорида аммония в растворе пенообразователя происходит увеличение минимального удельного расхода раствора фторированного пенообразователя более чем в 2 раза и оптимальной интенсивности подачи пены в 1,5 раза. Показана зависимость времени тушения пламени гептана от интенсивности подачи пены, полученной из водно-солевого раствора пенообразователя. Выявлено, что снижение способности горючего растекаться по раствору пенных пленок приводит к повышению огнетушащей эффективности, что выражается в снижении минимального удельного расхода раствора пенообразователя и оптимальной интенсивности подачи пены.

Ключевые слова: огнетушащая эффективность пены; коэффициент растекания; время тушения пламени; интенсивность подачи пены; водно-солевой раствор пенообразователя.

DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.52-58

Введение

В последнее десятилетие значительно повысилась пожарная опасность различных производств. Это обусловлено тем, что в резервуарных парках хранятся тысячи тонн горючих и легковоспламеняющихся жидкостей, на предприятиях органического синтеза обращаются сотни тонн горючих веществ, многие виды синтетических материалов в процессе их производства находятся в состоянии повышенной пожарной опасности, растут и объемы производства, транспортировки и хранения горючих жидкостей и газов. Пожары на таких объектах требуют все более эффективных способов тушения и применения новых огнетушащих средств. Тушение пламени нефти, нефтепродуктов и многих других горючих жидкостей без пен практически невозможно. Кроме того, пены используются и для тушения различных строительных материалов. Пены различной кратности применяются для вытеснения воздуха, дыма при объемном тушении или изоляции расположенных рядом с очагами объектов от воздействия тепловых потоков. Пены высокой кратности позволяют ликвидировать пожары горючих жидкостей на больших

площадах, а также эффективны при тушении пожаров органических растворителей, пожаров в кабельных тоннелях, библиотеках, архивах, шахтах и т. д.

В зависимости от условий горения жидкостей или твердых материалов пены должны отвечать определенным требованиям в отношении их свойств: обладать заданной кратностью, высокой структурно-механической прочностью и устойчивостью к тепловому воздействию, хорошей растекаемостью по твердым и жидким поверхностям.

Практика применения пенообразователей показывает, что для пожаротушения необходимы пенообразователи с заранее заданными свойствами. Введение в состав пенообразователей специальных добавок дает возможность повысить устойчивость огнетушащих пен к различным негативным воздействиям, препятствуя их разрушению.

Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов в зимнее время затруднено из-за низкой морозостойкости рабочих водных растворов, которые непосредственно используются для получения пены [1, 2]. Термин “морозостойчивый пенообразователь” относится к концентрированному раствору поверхностно-актив-

ных веществ, но не к рабочему водному раствору, в котором содержание пенообразователя, даже морозоустойчивого, не превышает 6,0 % об. Если период времени между приготовлением раствора и его использованием затягивается, то создается опасность частичной кристаллизации водного раствора при получении пены. При использовании водно-пенных огнетушителей вне отапливаемого помещения возникает вероятность замерзания водного рабочего раствора [3–5].

Повышение морозоустойчивости водных растворов может быть достигнуто за счет добавок этиленгликоля или неорганических солей [6–8]. При высоком содержании органических компонентов водные растворы становятся горючими, поэтому предпочтение отдается неорганическим солям. Наиболее доступными являются хлорид аммония и сульфаты алюминия. Если условия эксплуатации требуют оперативного применения пены, получаемой из пенообразователей, которые должны храниться в рабочих растворах (например, в огнетушителях), то водные растворы должны содержать до 25 % масс. неорганической соли, например такой, как хлористый аммоний [9].

Применение солевых растворов для получения пены часто ведет к снижению ее устойчивости, поэтому целью настоящей работы является установление огнетушащей эффективности пены, полученной из концентрированных водных растворов с добавками неорганической соли [10–11]. Для этого необходимо определить зависимости коэффициента растекания водно-солевого раствора по поверхности гептана и гептана по водно-солевому раствору пенообразователя с содержанием хлорида аммония, а также определить зависимость времени тушения пламени гептана от интенсивности подачи пены, полученной из водно-солевого раствора пенообразователя.

Методы исследования

В качестве пенообразователя использовали пленкообразующий пенообразователь “Shtamex AFFF”, в качестве электролита — хлористый аммоний.

Перед огневыми испытаниями была измерена зависимость поверхностного и межфазного натяжений от концентрации пенообразователей в водном растворе. Измерение поверхностного натяжения рабочего раствора пенообразователя и межфазного натяжения на границе рабочего раствора с н-гептаном проводилось с использованием метода Де-Нуи [12–14].

Методика определения коэффициента растекания на основе измерений поверхностного натяжения водных растворов и горючей жидкости, а также межфазного натяжения на границе раздела фаз была взята из работ [15–17].

Определение времени тушения при подаче пены в слой горючей жидкости проводилось на лабораторной установке, описание которой приведено в работах [18–20]. Сначала приготавливали рабочий раствор пенообразователя. Затем в горелку заливали горючее, после чего жидкость в горелке зажигали. Время свободного горения горючей жидкости составляло (60 ± 5) с. Полученный раствор пенообразователя заливали в стакан электромеханического прибора (миксера), где в течение 30 с происходило образование пены. Полученную пену заливали в разъемный герметичный контейнер и взвешивали на весах, предварительно сняв крышку контейнера. Полученное значение массы заносили в журнал.

Под действием сжатого воздуха пена поступала через трубопровод в нижнюю часть горелки, непосредственно в горючую жидкость. Началом отсчета времени тушения служил момент, когда первая порция пены появлялась на поверхности горючего, а окончанием — полная ликвидация пламени, включая исчезновение его язычков вдоль борта. За результат измерения принималось среднеарифметическое трех значений времени тушения.

Результаты и их обсуждение

Поскольку основное назначение растворов — получение пены для тушения пожаров нефтепродуктов, использовали фторсодержащие составы, которые после тушения пламени способны самопроизвольно формировать водные изолирующие пленки на поверхности углеводородов. Такая пена длительное время предотвращает повторное воспламенение нефтепродукта после тушения пламени.

Необходимая морозоустойчивость составов с хлористым аммонием должна составлять минус 25 °С. По среднеевропейским требованиям температура замерзания пенообразователя должна быть не выше минус 15 °С.

Величины поверхностного и межфазного натяжения на границе с гептаном в водно-солевом растворе пенообразователя, содержащем хлорид аммония, представлены на рис. 1.

Результаты расчета коэффициента растекания водно-солевого раствора по поверхности гептана и гептана по водно-солевому раствору пенообразователя при различном содержании хлорида аммония приведены на рис. 2.

Согласно полученным результатам измерений величина коэффициента растекания горючего по раствору возрастает, а межфазное натяжение резко снижается — с 2,0 до 0,1 мН/м.

Результаты экспериментов показали, что для растворов пенообразователя с концентрацией 1,0 % и выше коэффициент растекания приобретает положительные значения. При таком коэффициенте рас-

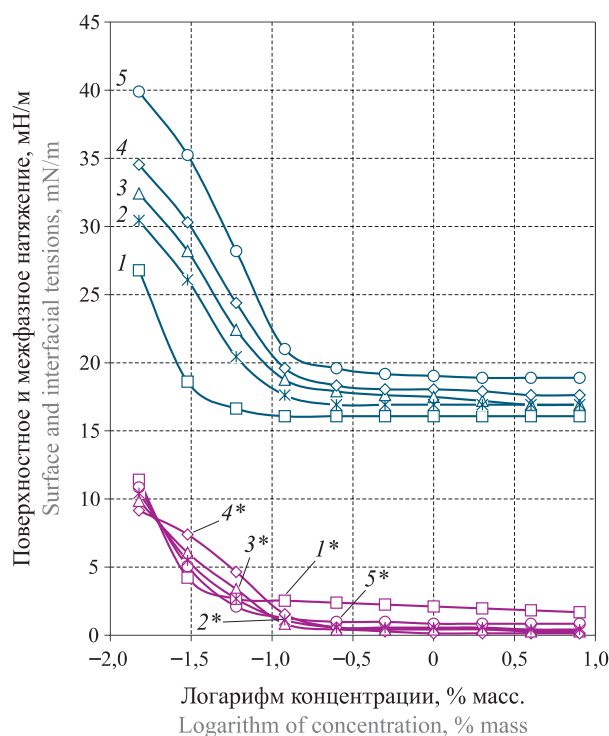


Рис. 1. Зависимость поверхностного (1–5) и межфазного (1*–5*) натяжения на границе с гептаном от концентрации пенообразователя в водно-солевом растворе при содержании хлорида аммония, % масс.: 1, 1* — 0,0; 2, 2* — 2,0; 3, 3* — 5,0; 4, 4* — 10,0; 5, 5* — 20,0

Fig. 1. Dependence of surface (1–5) and interfacial (1*–5*) tensions on a border with heptane on concentration of foaming agent in aqueous salt solution containing ammonium chloride, % mass: 1, 1* — 0,0; 2, 2* — 2,0; 3, 3* — 5,0; 4, 4* — 10,0; 5, 5* — 20,0

текания происходит самопроизвольное растекание водного раствора по поверхности гептана.

Для дальнейших исследований возьмем 2 %-ный раствор пенообразователя с добавками хлорида аммония.

Результаты тушения пламени гептана данным пенообразователем подачи пены в основание резервуара представлены на рис. 3.

Согласно полученным данным время тушения пламени и интенсивность подачи раствора пенообразователя растут с увеличением количества хлорида аммония в растворе.

На рис. 4 представлены зависимости времени тушения пламени гептана и удельного расхода 2 %-ного раствора фторированного пенообразователя с электролитом NH_4Cl от коэффициента растекания раствора пенообразователя по гептану.

С ростом величины коэффициента растекания раствора пенообразователя по гептану уменьшается время тушения пламени и удельный расход раствора пенообразователя. Причем уже со значения межфазного натяжения 0,7 мН/м резкого снижения времени тушения пламени и удельного расхода раствора пенообразователя не происходит.

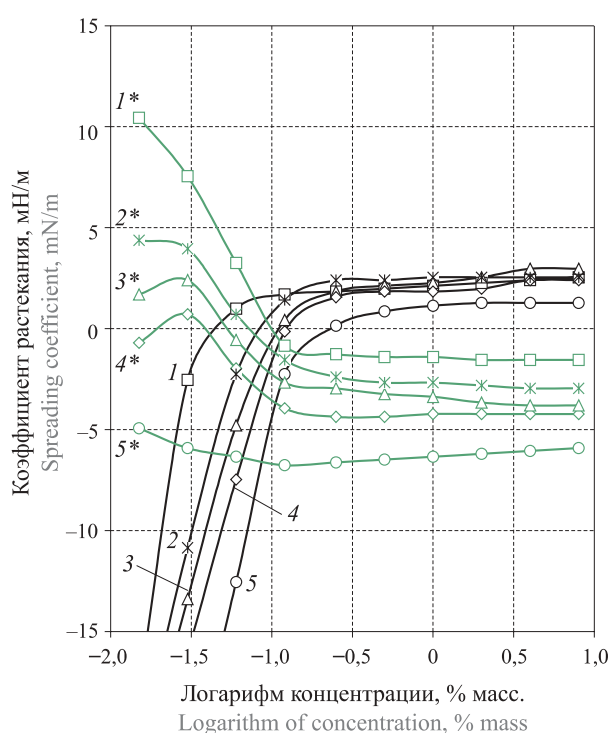


Рис. 2. Коэффициент растекания водно-солевого раствора по поверхности гептана (1–5) и гептана по водно-солевому раствору пенообразователя (1*–5*) при содержании хлорида аммония, % масс.: 1, 1* — 0,0; 2, 2* — 2,0; 3, 3* — 5,0; 4, 4* — 10,0; 5, 5* — 20,0

Fig. 2. Spreading coefficient of aqueous salt solution flowing over the surface of heptane (1–5) and of a heptane flowing over aqueous salt solution of foaming agent (1*–5*) if the content of ammonium chloride is equal to, % mass: 1, 1* — 0,0; 2, 2* — 2,0; 3, 3* — 5,0; 4, 4* — 10,0; 5, 5* — 20,0

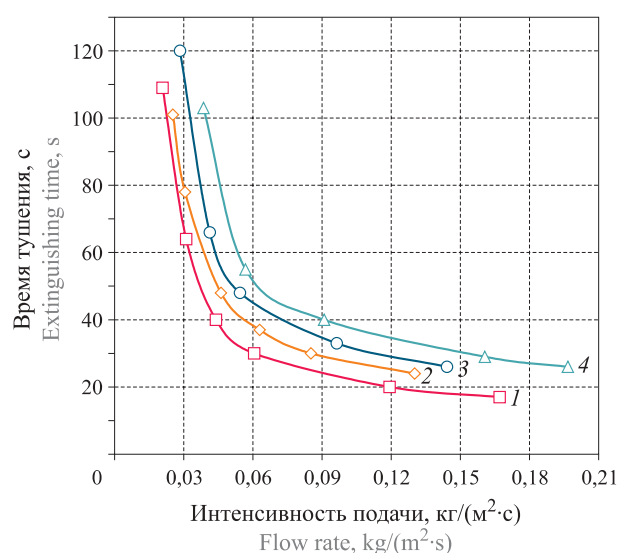


Рис. 3. Зависимость времени тушения пламени гептана от интенсивности подачи пены, полученной из водно-солевого раствора пенообразователя, с концентрацией хлорида аммония, % масс.: 1 — 0,0; 2 — 2,0; 3 — 5,0; 4 — 10,0

Fig. 3. Dependence of a heptane extinguishing time on flow rate of foam generated from aqueous salt solution with concentration of ammonium chloride, % mass: 1 — 0,0; 2 — 2,0; 3 — 5,0; 4 — 10,0

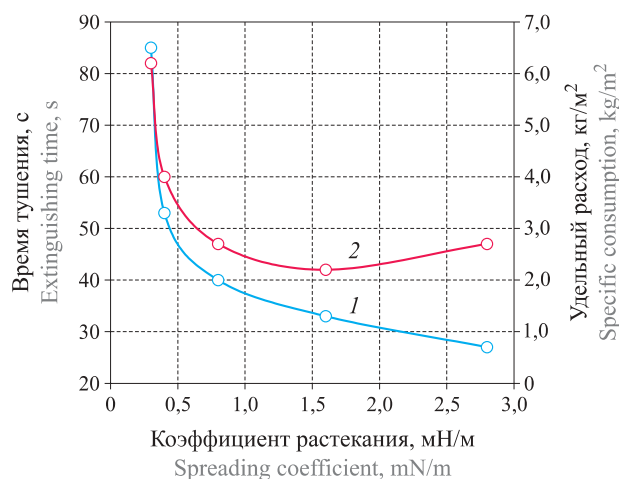


Рис. 4. Зависимость времени тушения пламени гептана (1) и удельного расхода 2 %-ного раствора фторированного пенообразователя с электролитом NH_4Cl (2) от коэффициента растекания раствора пенообразователя по гептану

Fig. 4. Dependence of a heptane extinguishing time (1) and specific consumption of 2-percent solution of fluorinated foaming agent with electrolyte NH_4Cl (2) on spreading coefficient of solution flowing over heptane

На рис. 5 представлены зависимости минимального удельного расхода и оптимальной интенсивности раствора фторированного пенообразователя от концентрации хлорида аммония.

С ростом концентрации хлорида аммония в растворе пенообразователя происходит увеличение минимального удельного расхода раствора фторированного пенообразователя с 2 до 5 kg/m^2 , т. е. более чем в 2 раза, и оптимальной интенсивности подачи пены — с 3,5 до 5,3 $\text{kg/(m}^2\cdot\text{s)}$.

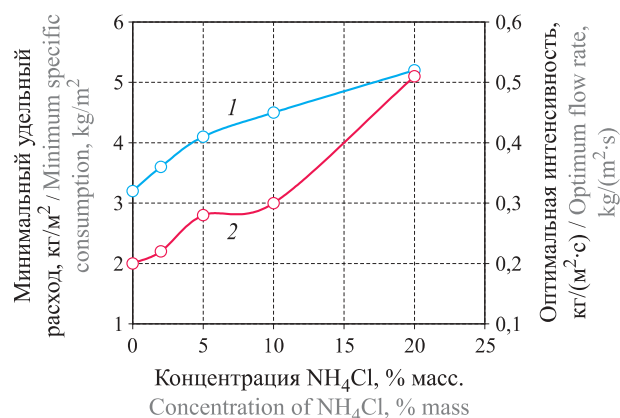


Рис. 5. Зависимость минимального удельного расхода (1) и оптимальной интенсивности (2) 2 %-ного раствора фторированного пенообразователя от концентрации хлорида аммония в пенообразователе

Fig. 5. Dependence of the minimum specific consumption (1) and the optimum flow rate (2) of 2-percent solution of fluorinated foaming agent on concentration of ammonium chloride

Вывод

Как и ожидалось, по полученным в результате проведенных экспериментов данным можно сделать вывод, что снижение способности горючего растекаться по раствору пенных пленок приводит к повышению огнетушащей эффективности пены. Однако добавление хлорида аммония ведет к уменьшению температуры застывания раствора пенообразователя и увеличению времени тушения пламени гептана, что выражается в повышении минимального удельного расхода раствора пенообразователя и оптимальной интенсивности подачи пены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lang Xu-qing, Liu Quan-zhen, Gong Hong. Study of fire fighting system to extinguish full surface fire of large scale floating roof tanks // *Procedia Engineering*. — 2011. — Vol. 11. — P. 189–195. DOI: 10.1016/j.proeng.2011.04.646.
2. Pabon M., Corpart J. M. Fluorinated surfactants: synthesis, properties, effluent treatment // *Journal of Fluorine Chemistry*. — 2002. — Vol. 114, No. 2. — P. 149–156. DOI: 10.1016/S0022-1139(02)00038-6.
3. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F., Byakov A. V. The analysis of oil suppression by aqueous film forming foam through a gas-salt layer of water // *Advanced Materials Research*. — 2014. — Vol. 1073-1076. — P. 2353–2357. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amr.1073-1076.2353.
4. Korolchenko D. A., Degaev E. N., Sharovarnikov A. F. Determination of the effectiveness of extinguishing foaming agents in the laboratory // 2nd International Conference on Material Engineering and Application (ICMEA 2015). — Wuhan, China : DEStech Publications, Inc., 2015. — P. 17–22.
5. Nash P., Whittle J. Fighting fires in oil storage tanks using base injection of foam — Part I // *Fire Technology*. — 1978. — Vol. 14, Issue 1. — P. 15–27. DOI: 10.1007/bf01997258.
6. Bergeron V., Walstra P. Chapter 7. Foams // *Fundamentals of Interface and Colloid Science* / Lyklema J. (ed.). — Amsterdam : Elsevier Ltd., 2005. — Vol. 5. — P. 7.1–7.38. DOI: 10.1016/S1874-5679(05)80011-X.
7. Korolchenko D., Tusnin A., Trushina S., Korolchenko A. Physical parameters of high expansion foam used for fire suppression in high-rise buildings // *International Journal of Applied Engineering Research*. — 2015. — Vol. 10, No. 21. — P. 42541–42548.
8. Lattimer B. Y., Trelles J. Foam spread over a liquid pool // *Fire Safety Journal*. — 2007. — Vol. 42, Issue 4. — P. 249–264. DOI: 10.1016/j.firesaf.2006.10.004.

9. Дегаев Е. Н., Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Влияние кратности пен на основные параметры процесса тушения углеводородов // Проблемы техносферной безопасности—2015 : материалы 4-й Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2015. — С. 24–28.
10. Kennedy M. J., Conroy M. W., Dougherty J. A., Otto N., Williams B. A., Ananth R., Fleming J. W. Bubble coarsening dynamics in fluorinated and non-fluorinated firefighting foams // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. — 2015. — Vol. 470. — P. 268–279. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2015.01.062.
11. Хиль Е. И., Воевода С. С., Шароварников А. Ф., Макарова И. П. Экспериментальное определение минимального удельного расхода и оптимальной интенсивности подачи пенообразователя при тушении пламени нефтепродуктов // Пожарная безопасность. — 2015. — № 4. — С. 76–81.
12. Корольченко Д. А., Дегаев Е. Н., Шароварников А. Ф. Горение гептана в модельном резервуаре // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2015. — Т. 24, № 2. — С. 67–70.
13. Хиль Е. И., Макарова И. П., Шароварников А. Ф. Влияние кратности пены на эффективность тушения пламени нефтепродуктов подачей пены в основание резервуара // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. — 2016. — № 1. — С. 48–50.
14. Абдурагимов И. М., Говоров В. Ю., Макаров В. Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров. — М. : ВИПТШ МВД СССР, 1980. — 256 с.
15. Lyapin A., Korolchenko A., Meshalkin E. Analysis of causes of combustible mixture explosions inside production floor areas // MATEC Web of Conferences. — 2016. — Vol. 86, Art. No. 04030. DOI: 10.1051/mateconf/20168604030.
16. Nurimoto N. Fire extinguishing installations for oil storages injecting foam under the layer of oil product // Kasay. — 1977. — Vol. 27, No. 3. — P. 11–19.
17. Cherepanov D. A., Ermakov A. S., Gozalova M. R., Korolchenko A. Ya. Formation of normative-methodical maintenance of quality and safety of campsites // MATEC Web of Conferences. — 2016. — Vol. 86, Art. No. 04037. DOI: 10.1051/mateconf/20168604037.
18. Покровская Е. Н., Портнов Ф. А., Кобелев А. А., Корольченко Д. А. Дымообразующая способность и токсичность продуктов сгорания древесных материалов при поверхностном модифицировании элементоорганическими соединениями // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2013. — Т. 22, № 10. — С. 40–45.
19. Шароварников С. А., Корольченко Д. А., Ляпин А. В. Тушение многокомпонентных смесевых топлив фторсинтетическими пенообразователями подслоным способом // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2014. — Т. 23, № 6. — С. 76–80.
20. Kovalchuk N. M., Trybala A., Starov V., Matar O., Ivanova N. Fluoro- vs hydrocarbon surfactants: Why do they differ in wetting performance? // Advances in Colloid and Interface Science. — 2014. — Vol. 210. — P. 65–71. DOI: 10.1016/j.cis.2014.04.003.

Материал поступил в редакцию 20 ноября 2017 г.

Для цитирования: Власов Н. А., Еремина Т. Ю. Огнетушащая эффективность пены, полученной из концентрированных солевых растворов // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2017. — Т. 26, № 12. — С. 52–58. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.52-58.

English

FIRE EXTINGUISHING EFFICIENCY OF THE FOAM GENERATED FROM CONCENTRATED AQUEOUS SALT SOLUTIONS

VLASOV N. A., Assistant of Department of Integrated Safety in Civil Engineering, National Research Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail: ICA_kbs@mgsu.ru)

EREMINA T. Yu., Doctor of Technical Sciences, Professor, Research Scientist of Management Issues Academic Organization, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail: main@stopfire.ru)

ABSTRACT

Practice of application has shown that foaming agents should have predetermined properties. Introduction of special additives to composition of foaming agents allows increasing resistance of fire extinguishing foams to various negative impacts, preventing their destruction. Extinguishing fires of oil and oil products in winter time is difficult due to the low frost resistance of aqueous work solutions, which are directly used to generate the foam.

Increasing of frost resistance of aqueous solutions can be reached at the expense of additives of ethylene glycol or inorganic salts. The high content of organic components makes aqueous solutions combustible therefore preference is given to inorganic salts. The most affordable salts are ammonium chloride and aluminium sulphates. If operating conditions require expeditious application of foam generated from work solutions have to be stored in any containers (for example, in fire extinguishers) then aqueous solutions should contain up to 25 % mass of inorganic salt. Dependence of spreading coefficient of aqueous salt solution flowing over the surface of heptane on concentration of foaming agent with ammonium chloride has determined in this article. According to obtained results of measurements, the value of spreading coefficient of fuel flowing over solution increases and the interfacial tension sharply decreases from 2.0 to 0.1 mN/m. The results of experiments have shown that spreading coefficient of foaming agent has the positive values for solutions with concentration of 1.0 % and higher. At such values spreading of aqueous solution over the surface of heptane become spontaneous. The results of systematic experimental studies of flame suppression process in the course of oil extinguishing, by feeding the foam into the bottom of tank, are given. Dependence of extinguishing time of the heptane on flow rate of the foam generated from aqueous salt solution is defined. It has been ascertained that addition of ammonium chloride decreases solidifying temperature of foaming agent solution and increases extinguishing time that leads to increased value of the minimum specific consumption of work solution and the optimum flow rate of foam.

Keywords: extinguishing efficiency; spreading coefficient; extinguishing time; flow rate; aqueous salt solution of foaming agent.

REFERENCES

1. Lang Xu-qing, Liu Quan-zhen, Gong Hong. Study of fire fighting system to extinguish full surface fire of large scale floating roof tanks. *Procedia Engineering*, 2011, vol. 11, pp. 189–195. DOI: 10.1016/j.proeng.2011.04.646.
2. Pabon M., Corpart J. M. Fluorinated surfactants: synthesis, properties, effluent treatment. *Journal of Fluorine Chemistry*, 2002, vol. 114, no. 2, pp. 149–156. DOI: 10.1016/s0022-1139(02)00038-6.
3. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F., Byakov A. V. The analysis of oil suppression by aqueous film forming foam through a gas-salt layer of water. *Advanced Materials Research*, 2014, vol. 1073-1076, pp. 2353–2357. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amr.1073-1076.2353.
4. Korolchenko D. A., Degaev E. N., Sharovarnikov A. F. Determination of the effectiveness of extinguishing foaming agents in the laboratory. In: *Proceedings of 2nd International Conference on Material Engineering and Application (ICMEA 2015)*. Wuhan, China, DEStech Publications, Inc., 2015, pp. 17–22.
5. Nash P., Whittle J. Fighting fires in oil storage tanks using base injection of foam — Part I. *Fire Technology*, 1978, vol. 14, issue 1, pp. 15–27. DOI: 10.1007/bf01997258.
6. Bergeron V., Walstra P. Chapter 7. Foams. In: Lyklema J. (ed.). *Fundamentals of Interface and Colloid Science*. Amsterdam, Elsevier Ltd., 2005, vol. 5, pp. 7.1–7.38. DOI: 10.1016/S1874-5679(05)80011-X.
7. Korolchenko D., Tusnin A., Trushina S., Korolchenko A. Physical parameters of high expansion foam used for fire suppression in high-rise buildings. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2015, vol. 10, no. 21, pp. 42541–42548.
8. Lattimer B. Y., Trelles J. Foam spread over a liquid pool. *Fire Safety Journal*, 2007, vol. 42, issue 4, pp. 249–264. DOI: 10.1016/j.firesaf.2006.10.004.
9. Degaev E. N., Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F. Effect of the multiplicity of foams on the main parameters of the hydrocarbon quenching process. In: *Problemy tekhnosfernoy bezopasnosti–2015. Materialy 4-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov* [Problems of Technospheric Security–2015. Proceedings of 4th International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists]. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2015, pp. 24–28 (in Russian).

10. Kennedy M. J., Conroy M. W., Dougherty J. A., Otto N., Williams B. A., Ananth R., Fleming J. W. Bubble coarsening dynamics in fluorinated and non-fluorinated firefighting foams. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2015, vol. 470, pp. 268–279. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2015.01.062.
11. Hil' E. I., Voevoda S. S., Sharovarnikov A. F., Makarova I. P. Experimental determination of minimum discharge intensity and optimum rate of foaming agent input during suppression of oil products flame. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire Safety*, 2015, no. 4, pp. 76–81 (in Russian).
12. Korolchenko D. A., Degaev E. N., Sharovarnikov A. F. Combustion of heptane in a model tank. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 2, pp. 67–70 (in Russian).
13. Khil E. I., Makarova I. P., Sharovarnikov A. F. The influence of the multiplicity of foam on the efficiency of extinguishing the flames of oil products supply foam to the base of the tank. *Upravleniye kachestvom v neftegazovom komplekse / Quality Management in Oil and Gas Industry*, 2016, no. 1, pp. 48–50 (in Russian).
14. Abduragimov I. M., Govorov V. Yu., Makarov V. E. *Fiziko-khimicheskiye osnovy razvitiya i tusheniya pozharov* [Physico-chemical basis of development and extinguishing of fires]. Moscow, High Engineering Fire Technical School of Ministry of the Interior of USSR, 1980. 255 p. (in Russian).
15. Lyapin A., Korolchenko A., Meshalkin E. Analysis of causes of combustible mixture explosions inside production floor areas. *MATEC Web of Conferences*, 2016, vol. 86, art. no. 04030. DOI: 10.1051/mateconf/20168604030.
16. Nurimoto N. Fire extinguishing installations for oil storages injecting foam under the layer of oil product. *Kasay*, 1977, vol. 27, no. 3, pp. 11–19.
17. Cherepanov D. A., Ermakov A. S., Gozalova M. R., Korolchenko A. Ya. Formation of normative-methodical maintenance of quality and safety of campsites. *MATEC Web of Conferences*, 2016, vol. 86, art. no. 04037. DOI:10.1051/mateconf/20168604037.
18. Pokrovskaya E. N., Portnov F. A., Kobelev A. A., Korolchenko D. A. The smoke generation property and combustion products toxicity of wood which was modified by organoelemental compounds. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 10, pp. 40–45 (in Russian).
19. Sharovarnikov S. A., Korolchenko D. A., Lyapin A. V. Extinguishing of the multicomponent composite fuels by aqueous film forming foam by sublayer way. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 6, pp. 76–80 (in Russian).
20. Kovalchuk N. M., Trybala A., Starov V., Matar O., Ivanova N. Fluoro- vs hydrocarbon surfactants: Why do they differ in wetting performance? *Advances in Colloid and Interface Science*, 2014, vol. 210, pp. 65–71. DOI: 10.1016/j.cis.2014.04.003.

For citation: Vlasov N. A., Eremina T. Yu. Fire extinguishing efficiency of the foam generated from concentrated aqueous salt solutions. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 12, pp. 52–58 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.52-58.

© **А. С. ХАРЛАМЕНКОВ**, старший преподаватель кафедры специальной электротехники, автоматизированных систем и связи, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: h_a_s@live.ru)

УДК 672.662.111:536.5:006.354

ТРЕБОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ К ПИРОТЕХНИЧЕСКИМ ИЗДЕЛИЯМ

Представлены основные нормативные документы, регламентирующие изготовление, транспортировку и применение пиротехнических изделий. Указаны особенности применения изделий различных классов потенциальной опасности. Приведены показатели пожарной опасности пиротехнических изделий бытового назначения. Рассмотрены требования к порядку устройства праздничных фейерверков как на открытой местности, так и на закрытых площадках. Отмечены классификационные признаки пиротехнических изделий для различных подклассов опасных грузов.

Ключевые слова: пиротехнические изделия; пожарная безопасность; фейерверки; массовое пребывание людей; опасные грузы.



ВОПРОС:

Салюты, фейерверки, хлопушки, бенгальские огни — неотъемлемая часть любого праздничного мероприятия, будь то новогодний корпоратив, свадьба, день рождения или концерт известного артиста. Вопрос обеспечения безопасного использования пиротехнической продукции на таких мероприятиях не теряет своей актуальности, поэтому в нормативные документы регулярно вносятся изменения, ужесточающие требования к ее изготовлению, транспортировке и применению. Какие документы регламентируют требования к пиротехническим изделиям?

ОТВЕТ:

Обязательные требования к пиротехническим изделиям (далее — ПИ) и связанным с ними процессам производства, перевозки, хранения, реализации, эксплуатации, утилизации, а также правила их идентификации изложены в Техническом регламенте Таможенного союза «О безопасности пиротехнических изделий» (ТР ТС 066/2011) [1]. Для обеспечения соблюдения требований данного Технического регламента [1] на территории Российской Федерации следует руководствоваться положениями ГОСТ Р 51270–99 [2].

Согласно ТР ТС 066/2011 [1] при использовании ПИ получение требуемого эффекта достигается посредством горения (взрыва) пиротехнического состава. В зависимости от свойств такого состава и характера протекающих химических процессов ПИ подразделяются на пожароопасные и взрывоопасные.

Все ПИ подлежат обязательному подтверждению их соответствия установленным требованиям нормативных документов в форме декларирования соответствия или сертификации. Методы испытаний для

определения параметров и характеристик ПИ, в том числе для подтверждения его соответствия, представлены в ГОСТ Р 51271–99 [3].

По характеру применения выделяют ПИ бытового, технического и специального назначения. ПИ бытового назначения не требуют от пользователя специальных знаний и приспособлений в отличие от ПИ технического назначения и считаются безопасными при условии их эксплуатации населением в соответствии с инструкцией по применению.

Требования пожарной безопасности к ПИ бытового назначения изложены в НПБ 255–99 [4], согласно которым данные ПИ применяются для получения увеселительных эффектов, подачи светового, звукового или дымового сигнала и являются товаром народного потребления.

По степени потенциальной пожарной опасности все ПИ бытового назначения подразделяются на три группы (табл. 1 [5]) и по своим свойствам соответствуют I–III классам по степени потенциальной опасности (ст. 4 ТР ТС 066/2011 [1]). ПИ технического и специального назначения относятся к IV и V классам по степени потенциальной опасности (см. пп. 5.2 и 6.1.13 [3]), за исключением ПИ для проведения групповых игр и развития технического творчества (маркирующие, сигнальные, иницирующие и метательные устройства и т. д.), которые должны относиться к классу не выше IV [1, 2].

Порядок обеспечения пожарной безопасности и правила поведения людей при хранении, реализации и использовании ПИ бытового назначения I–III классов изложены в постановлении Правительства РФ № 1052 [6] и в Правилах противопожарного режима в Российской Федерации (далее — ППР) [7].

При проведении массовых зрелищных мероприятий, организуемых в парках, на площадях или берегу

Таблица 1. Требования пожарной безопасности к ПИ бытового назначения по НПБ 255–99 [4]

Показатель пожарной опасности	Группа пожарной опасности		
	1	2	3
Воспламеняющая способность изделия по отношению к древесине, горючим жидкостям (ГЖ), легковоспламеняющимся твердым веществам и материалам (ЛВТ)	Низкая	Средняя	
Радиус опасной зоны, м, не более	0,5	5	20 ¹
Размер видимого пламени при горении изделий, мм, не более	30	200	500
Предельно допустимая температура нагрева в течение 30 мин, °С	100		
Предельно допустимое расстояние между ПИ, м	0,03	0,5	1
Время действия изделия ² , с, не более	5	60	
Максимальное давление взрыва в бомбе 4,25 л, кПа, не более	50	200	300
Результат трения изделия о терочную пластину спичечного коробка ³	Не воспламеняется		
Результат падения изделия (упаковки) с высоты	То же		
Последствия горения изделия (упаковки) в очаге пожара: полет горящих изделий, м, не более	0,5	5	В пределах упаковки
Последствия горения изделия (первого изделия в упаковке) в очаге пожара: время до срабатывания, с, не менее	120	180	300

¹ ТР ТС 066/2011 [1] радиус опасной зоны для изделий, соответствующих 3-й группе, принят равным 30 м для III класса опасности и 20 м — для подкласса IIIa.

² Исключение: бенгальские свечи, время действия которых может быть больше установленного.

³ Только для изделий, которые не приводятся в действие трением.

водоемов, используются так называемые фейерверочные изделия (далее — ФИ). ФИ определены в ТР ТС 066/2011 [1] и ГОСТ Р 51270–99 [2] как ПИ технического (профессионального [2]) назначения, предназначенные для получения звуковых, световых, дымовых, специальных сценических и иных эффектов при проведении массовых зрелищных мероприятий. Как видно из определения, ФИ применяются при устройстве салютов и фейерверков. При этом салют отличается от фейерверка тем, что салют организуется только в черте города или сельской застройки (парк, площадь, берег водоема) [5]. В комплектацию фейерверков и салютов могут входить ПИ бытового и технического назначения.

В НПБ 255–99 [4] ФИ подразделяются следующим образом:

- малые (парковые [5]) фейерверки длительностью не более 10 мин, применяемые на открытых площадках и включающие в себя ПИ бытового назначения 2-й или 3-й группы (см. табл. 1);
- большие фейерверки длительностью более 10 мин, применяемые на открытых площадках и берегах водоемов и включающие в себя ПИ бытового назначения 3-й группы (см. табл. 1).

Требования к эксплуатационной документации на ФИ изложены в п. 2д ст. 4 ТР ТС 066/2011 [1].

Фейерверки с применением ПИ I–III классов опасности должны устраиваться в соответствии с требо-

ваниями ФЗ № 123 [8], ТР ТС 066/2011 [1], положениями [6], а также с инструкцией на ПИ.

При продаже ПИ на объектах торговли открытый способ их размещения не допускается, поэтому конструкция и расположение торгового (выставочного) оборудования должны исключать самостоятельный доступ покупателей к представленной продукции (см. п. 10 [6]).

Важно отметить, что согласно п. 13 [6] применение ПИ в помещениях, зданиях и сооружениях любого функционального назначения запрещается, за исключением хлопушек и бенгальских свечей (см. п. 32 ППР [7]), соответствующих I классу опасности по ТР ТС 066/2011 [1]. Кроме того, при проведении праздничных и торжественных мероприятий, концертов, цирковых представлений на закрытых площадках (только при согласовании с местными органами ГПС МЧС) могут быть использованы театральные (специального назначения) ФИ, для применения которых требуются специальные знания организаторов показа и соответствующее оборудование и приспособления [5].

Требования к подготовке и устройству фейерверков в местах массового пребывания людей с использованием ПИ III класса по степени потенциальной опасности указаны в п. 14 [6].

Фейерверки с применением ПИ IV–V классов опасности должны проводиться на основании договора между организатором фейерверка и организацией-

Таблица 2. Классификация опасных грузов по ГОСТ 19433–88¹ [9] и ТР ТС 066/2011 [1], содержащих ПИ

Класс	Подкласс	Наименование	Классификационные признаки
1 ²	1.1	ПИ с опасностью взрыва массой ³	ПИ, которые характеризуются опасностью взрыва массой
	1.2	ПИ, не взрывающиеся массой	ПИ, которые характеризуются опасностью разбрасывания, но не создают опасности взрыва массой
	1.3	ПИ пожароопасные, не взрывающиеся массой	ПИ, которые характеризуются пожарной опасностью, а также незначительной опасностью взрыва, либо незначительной опасностью разбрасывания, либо тем и другим, но не характеризуются опасностью взрыва массой
	1.4	ПИ, не представляющие значительной опасности	ПИ, представляющие лишь незначительную опасность взрыва в случае воспламенения или инициирования при перевозке. Эффекты проявляются в основном внутри упаковки, при этом не ожидается выброса осколков больших размеров или на значительное расстояние. Внешний пожар не должен служить причиной практически мгновенного взрыва почти всего содержимого упаковки
4	4.1	Легковоспламеняющиеся твердые вещества	ПИ, способные воспламеняться от кратковременного (до 30 с) воздействия источника зажигания с низкой энергией, а также воспламеняющиеся от трения

¹ С 1 марта 2018 г. ГОСТ 19433 [9] будет заменен на ГОСТ Р 57478–2017 “Грузы опасные. Классификация” и ГОСТ Р 57479–2017 “Грузы опасные. Маркировка”.

² ПИ бытового назначения рассматриваются в качестве опасных грузов, отнесенных к подклассам 1.4 и 4.1, а технического назначения — к подклассам 1.1–1.4 и 4.1 [1, 5].

³ Взрыв массой — взрыв, который практически мгновенно распространяется на весь груз.

демонстратором при наличии письменного разрешения административных органов с согласованием в УВД (ОВД) и ГПС МЧС [5]. При этом охрана мест и безопасность при устройстве фейерверка возлагаются на его организатора.

При транспортировке грузов, содержащих ПИ, должна учитываться их опасность по ГОСТ 19433 [9] и ТР ТС 066/2011 [1] (табл. 2).

Классификационная таблица ФИ с указанием их типов, технических характеристик, подклассов и категории совместимости представлена в прил. А.15 ГОСТ Р 57478–2017.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТР ТС 066/2011. Технический регламент Таможенного союза о безопасности пиротехнических изделий : утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 16.08.2011 № 770; введ. 15.02.2012. URL: www.eurasiancommission.org [официальный сайт Комиссии Таможенного союза] (дата обращения: 01.12.2017).
2. ГОСТ Р 51270–99. Изделия пиротехнические. Общие требования безопасности (с изм. № 1). — Введ. 11.06.2010. — М. : Стандартинформ, 2011.
3. ГОСТ Р 51271–99. Изделия пиротехнические. Методы испытаний (с изм. № 1). — Введ. 11.06.2010. — М. : Стандартинформ, 2011.
4. НПБ 255–99. Изделия пиротехнические бытового назначения. Требования пожарной безопасности. Ме-

тоды испытаний. — Введ. 20.12.1999. — М. : ВНИИПО МВД России, 2000.

5. Кириллов Г. Н., Дешевых Ю. И., Гилетич А. Н., Вогман Л. П., Зуйков В. А., Нестругин А. Н., Пшеничников А. М. Обзорно-аналитический материал. Требования пожарной безопасности при обращении пиротехнической продукции. — М. : ВНИИПО и ДНД МЧС России, 2010. — С. 79.

6. Об утверждении требований пожарной безопасности при распространении и использовании пиротехнических изделий : постановление Правительства РФ от 22.12.2009 № 1052 // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 52 (ч. II), ст. 6581.

7. Правила противопожарного режима в Российской Федерации (в ред. от 01.03.2017) : постановление Правительства РФ от 25.04.2012 № 390 // Собрание законодательства РФ. — 2012. — № 19, ст. 2415.

8. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (в ред. от 29.07.2017) : Федер. закон РФ от 22.07.2008 № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008; одобр. Сов. Федерации 11.07.2008 // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.

9. ГОСТ 19433–88. Грузы опасные. Классификация и маркировка (с изм. № 1). — Введ. 01.07.2004. — М. : ИПК Издательство стандартов, 2004.

Для цитирования: Харламенков А. С. Требования пожарной безопасности к пиротехническим изделиям // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2017. — Т. 26, № 12. — С. 59–62.

FIRE SAFETY REQUIREMENTS FOR PYROTECHNIC PRODUCTS

KHARLAMENKOV A. S., Senior Lecturer,
Department of Special Electrical Engineering,
Automation Systems and Communication,
State Fire Academy of Emercom of Russia
(Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366,
Russian Federation; e-mail: h_a_s@live.ru)

ABSTRACT

The main regulatory documents regulating the manufacture, transportation and use of pyrotechnic products are presented. There are shown specific fea-

res the application of products for various classes the potential hazard. The requirements for the order of festive fireworks are considered, both on open ground and in closed areas. The classification features of pyrotechnic articles for different subclasses of dangerous goods are noted.

Keywords: pyrotechnic products; fire safety; fireworks; mass stay of people; dangerous goods.

For citation: Kharlamenkov A. S. Fire safety requirements for pyrotechnic products. *Pozharovzryvobezopasnost' / Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 12, pp. 59–62 (in Russian).



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу

Д. Г. Пронин, Д. А. Корольченко

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

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



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

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

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

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

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

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ!

Направляемые в журнал “ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ” статьи должны содержать результаты научных исследований и испытаний, описания новых технических устройств и программно-информационных продуктов; обзоры, комментарии к нормативно-техническим документам, справочные материалы и т. п. Авторы должны указать, к какому типу относится их статья:

- научно-теоретическая;
- научно-эмпирическая;
- аналитическая (обзорная);
- дискуссионная;
- рекламная.

Не допускается направлять в редакцию работы, которые были опубликованы и/или приняты к печати в других изданиях.

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 адресу info@fire-smi.ru.

Статья должна быть ясно и лаконично изложена и подписана всеми авторами (скан страницы с подписями). Основной текст статьи должен содержать в себе четкие, логически взаимосвязанные разделы. Все разделы должны начинаться приведенными ниже заголовками, выделенными полужирным начертанием. Для научной статьи традиционными являются следующие разделы:

- введение;
- материалы и методы (методология) — для научно-эмпирической статьи;
- теоретические основы (теория и расчеты) — для научно-теоретической статьи;
- результаты и их обсуждение;
- заключение (выводы).

Редакция допускает и иную структуру, обусловленную спецификой конкретной статьи (аналитической (обзорной), дискуссионной, рекламной) при условии четкого выделения разделов:

- введение;
- основная (аналитическая) часть;
- заключение (выводы).

Подробную информацию о содержании каждого из обозначенных выше разделов см. на сайте издательства www.fire-smi.ru.

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 точными и лаконичными и в то же время достаточно информативными; в них можно использовать только общепринятые сокращения. В переводе заглавий статей на английский язык недопустима транслитерация с русского языка, кроме неперебиваемых названий собственных имен, приборов и других объектов, имеющих собственные названия, а также неперебиваемый сленг, известный только русскоговорящим специалистам. Это касается также аннотаций, авторских резюме и ключевых слов.

2.3. Информация об авторах.

2.3.1. Имена, отчества и фамилии всех авторов. Они должны приводиться полностью на русском языке и в транслитерации в соответствии с системой, которая в настоящее время является наиболее распространенной (<http://fotosav.ru/services/transliteration.aspx>).

Авторами являются лица, принимавшие участие во всей работе или в ее главных разделах. Лица, участвовавшие в работе частично, указываются в сносках.

2.3.2. Ученые степени, звания, должность, место работы всех авторов с полным юридическим адресом (на русском и английском языках). Здесь необходимо указать: полное официальное название организации, страну, индекс, город, название улицы, номер дома, а также контактные телефоны и электронный адрес всех или хотя бы одного из авторов. При этом не следует приводить составные части названий организаций, обозначающие принадлежность ве-

домству, форму собственности, статус организации (например, “Учреждение Российской академии наук...”, “Федеральное государственное унитарное предприятие...”, “ФГОУ ВПО...” и т. п.), так как это затрудняет идентификацию организации. Обращаем Ваше внимание, что при переводе необходимо указывать официально принятое название организации на английском языке. Все почтовые сведения (кроме наименования улицы, которое должно быть в транслитерированном виде) должны быть также переведены на английский язык, в том числе название города и страны.

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

2.4. Аннотация на русском языке должна состоять не менее чем из 5–7 предложений и не должна содержать обобщенные данные по выбранной для статьи теме. Аннотация к научной статье представляет собой краткое описание содержания изложенного текста (т. е.: “Изучены..., проанализированы..., представлены...” и т. п.).

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

- информативным (не содержать общих слов);
- оригинальным (не быть калькой с русскоязычной аннотации с дословным переводом);
- содержательным (должно отражать существенные результаты работы; не должно включать материал, который отсутствует в основной части публикации);
- структурированным (т. е. следовать логике описания результатов в публикации);
- грамотным (написанным качественным английским языком, без использования программ автоматизированного перевода);
- объемом не менее 250–300 слов.

Структура резюме должна повторять структуру статьи и включать введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение (выводы).

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

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

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

Сокращения и условные обозначения, кроме общепотребительных, следует применять в исключительных случаях или давать их расшифровку и определение при первом упоминании в тексте резюме.

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

Для повышения эффективности при онлайн-поиске включите в текст аннотации ключевые слова и термины из основного текста и заглавия статьи.

2.6. Ключевые слова на русском и английском языках (не менее 5 слов или словосочетаний). Они указываются через точку с запятой. Недопустимо в качестве ключевых слов использовать термины общего характера (например, проблема, решение и т. п.), не являющиеся специфической характеристикой публикации. При переводе ключевых слов на английский язык избегайте по возможности употребления слов “and” (и), “of” (предлог, указывающий на принадлежность), артиклей “a”, “the” и т. п.

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

Цитируемый текст из других публикаций следует брать в кавычки. Таблицы, рисунки, методы, численные данные (за исключением общеизвестных величин), опубликованные ранее, должны сопровождаться ссылками.

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

Сокращения и условные обозначения физических величин в тексте статьи должны соответствовать действующим международным стандартам. Формулы и буквенные обозначения должны быть четкими и ясными. Все буквенные обозначения, входящие в формулы, должны быть расшифрованы с указанием единиц измерения. Размерность всех характеристик должна соответствовать системе СИ. Иллюстрации в электронной версии прилагаются отдельно. Фотографии должны быть сделаны с хорошего негатива контрастной печатью (файлы растровых изображений предоставляются 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 печатать PDF-файл из этой программы. Все иллюстрации должны иметь сквозную нумерацию. Чертежи и карты в качестве иллюстраций неприемлемы. Ссылки на все рисунки в тексте обязательны.

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

Для двуязычного представления табличного и графического материала необходимо прислать перевод на английский язык:

- для таблицы: ее названия, шапки, боковика, текста во всех строках, сносок и примечаний;
- для рисунка: подписочной подписи и всех текстовых надписей на самом рисунке;
- для схемы: подписи к ней и всего содержания самой схемы.

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

Список литературы должен включать библиографические сведения обо всех публикациях, упоминаемых в статье, и не должен содержать указаний на работы, на которые в тексте нет ссылок. Литература должна быть оформлена в виде общего списка в порядке упоминания. В тексте ссылка на литературу отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Библиографические данные приводятся по титульному листу издания. Порядок изложения элементов библиографического описания определяется требованиями ГОСТ 7.1–2003 и ГОСТ Р 7.0.5–2008.

В описании источников необходимо указывать всех авторов.

Наряду с этим для научных статей список литературы должен отвечать следующим требованиям.

Список литературы должен содержать не менее 20 источников (в это число не входят нормативные документы, патенты и т. п.). При этом процент ссылок на статьи из иностранных научных журналов и других иностранных источников должен быть не ниже 40 %. Выполнение данного требования будет свидетельствовать о том, что авторы используют предыдущие научные достижения в необходимой мере.

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

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

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

Следует обратить внимание на публикации диссертаций (особенно докторских), защищенных в последние годы по ближайшей науч-

ной специальности или группе специальностей. Для поиска рекомендуется использовать ресурс <http://www.disscat.com>.

Не следует включать в список литературы ГОСТы; ссылки на них должны быть даны непосредственно по тексту статьи.

Убедитесь, что указанная в списке литературы информация (Ф.И.О. автора, название книги или журнала, год издания, том, номер и количество (интервал) страниц) верна.

Неопубликованные результаты, проекты документов, личные сообщения и т. п. не следует указывать в списке литературы, но они могут быть упомянуты в тексте.

2.9. References (пристайные списки литературы на английском языке). Представление в References только транслитерированного (без перевода) описания недопустимо. Обращаем Ваше внимание, что перевод названия статьи следует давать так, как он проходил при их публикации, а перевод названий журналов должен быть официально принятым. Произвольное сокращение названий источников цитирования приведет к невозможности идентифицировать ссылку в электронных базах данных.

При составлении References необходимо следовать схеме:

- авторы (транслитерация; для ее написания используйте сайт <http://fotosav.ru/services/transliteration.aspx>, обязательно включив в настройках справаверху флажок “Американская (для визы США)”; если автор цитируемой статьи имеет свой вариант транслитерации своей фамилии, следует использовать этот вариант);
- заглавие на английском языке — для статьи, транслитерация и перевод названия — для книги;
- название источника (журнала, сборника статей, материалов конференции и т. п.) в транслитерации и на английском языке (курсивом, через косую черту);
- выходные данные;
- указание на язык изложения материала в скобках (например, (in Russian)).

Например: Sokolov D. N., Vogman L. P., Zuykov V. A. Microbiological spontaneous ignition. *Pozharnaya bezopasnost / Fire Safety*, 2012, no. 1, pp. 35–48 (in Russian) (другие примеры см. www.fire-smi.ru).

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

4. Статьи, присланные не в полном объеме, на рассмотрение не принимаются.

5. В случае получения замечаний в ходе внутреннего рецензирования статьи авторы должны предоставить доработанный вариант текста с обязательным выделением цветом внесенных изменений, а также отдельно подготовить конкретные ответы-комментарии на все вопросы и замечания рецензента. Несвоевременный, а также неадекватный ответ на замечания рецензентов и научных редакторов приводит к задержке публикации до исправления указанных недостатков. При игнорировании замечаний рецензентов и научных редакторов рукопись снимается с дальнейшего рассмотрения.

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

Предпечатная подготовка статей оплачивается за счет средств подписчиков и третьих лиц, заинтересованных в публикации.

Редакция оставляет за собой право считать, что авторы, предоставившие рукопись для публикации в журнале “Пожаровзрывобезопасность”, согласны с условиями публикации или отклонения рукописи, а также с правилами ее оформления!

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ ЗА 2017 г.

А

- Абдулалиев Ф. А., Иванов А. В., Ульяновский А. А.** Вероятностный подход к моделированию развития пожара на открытых территориях с применением перколяционного процесса и функции нейронной сети, № 2, 44
- Акулов А. Ю.** см. Беззапонная О. В.
- Алешков М. В., Гусев И. А.** Определение рабочих параметров установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки, применяемых на объектах энергетики, № 10, 69
- Анохин Е. А., Полищук Е. Ю., Сивенков А. Б.** Применение огнезащитных пропиточных композиций для снижения пожарной опасности деревянных конструкций с различными сроками эксплуатации, № 2, 22
- Астапов П. Е., Федоров А. В., Членов А. Н., Ломаев Е. Н., Ищенко А. Д.** Технологические и структурные решения по созданию системы мониторинга взрывопожароопасности объектов добычи и транспорта нефти, № 10, 50

Б

- Балакин В. М.** см. Нигматуллина Д. М.
- Бардулин Е. Н.** см. Каменецкая Н. В.
- Бастриков Д. Л.** см. Мельников В. С.
- Батов Д. В., Сторонкина О. Е., Мочалова Т. А.** Модификация аддитивно-группового метода для описания показателей пожарной опасности предельных углеводородов: температур вспышки и самовоспламенения, энтальпии испарения, № 5, 21
- Беззапонная О. В., Головина Е. В., Акулов А. Ю., Калач А. В., Шарапов С. В., Калач Е. В.** Пути совершенствования огнезащитных терморасширяющихся составов для использования на объектах нефтегазового комплекса, № 12, 14
- Беспалько С. В.** см. Филиппов В. Н.
- Боева А. А.** см. Иванов А. В.
- Бордик Р. И.** см. Зеленков С. А.
- Брушлинский Н. Н., Соколов С. В., Григорьева М. П.** Анализ основных пожарных рисков в странах мира и в России, № 2, 72
- Бутузов С. Ю., Долгополов С. С., Кафидов В. В., Ражников С. В., Харисов Г. Х.** Модель системы поддержки управления кадровым составом оперативных служб с учетом критериев вероятностного взаимодействия, № 12, 25
- Бутузов С. Ю., Пранов Б. М., Прус Ю. В., Семиков В. Л., Яковлев О. В.** Модель оценки устойчивости автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности, № 11, 14
- Быков И. А.** см. Шевцов С. А.

В

- Вагин А. В.** см. Данилов А. И.
- Василенко В. В.** см. Фам Нам Тхань
- Власов Н. А., Еремина Т. Ю.** Огнетушащая эффективность пены, полученной из концентрированных солевых растворов, № 12, 52
- Воевода С. С.** см. Фещенко А. Н.
- Волков А. А.** см. Корольченко Д. А.

Г

- Гарсков Р. В.** см. Мельников В. С.
- Гергель В. И., Мешалкин Е. А.** Пожаротушение тонкораспыленной водой высокого давления, № 3, 45
- Годунова Г. Н.** см. Гордеев Н. А.
- Голованов В. И., Новиков Н. С., Павлов В. В., Кузнецова Е. В.** Прочностные и теплофизические свойства бетона с полипропиленовой фиброй в условиях температурного режима стандартного пожара, № 5, 37
- Головина Е. В.** см. Беззапонная О. В.
- Гордеев Н. А., Годунова Г. Н.** Обеспечение огнестойкости проемов для прокладки кабельных изделий в противопожарных преградах при использовании терморасширяющейся противопожарной пены и огнестойкой монтажной пены, № 4, 37
- Горев В. А., Салымова Е. Ю.** О возможности вибрационного горения при внутренних взрывах, № 5, 13
- Горшков В. И.** см. Копылов Н. П.
- Григорьева М. П.** см. Брушлинский Н. Н.
- Громов В. Н.** см. Каменецкая Н. В.
- Громов Н. В.** см. Комаров А. А.
- Гудин С. В., Хабибулин Р. Ш., Рубцов Д. Н., Рубцов В. В.** Оценка расчетных величин пожарного риска на территории газораспределительной станции, № 1, 32
- Гусаков А. Н.** см. Калач А. В.
- Гусев И. А.** см. Алешков М. В.

Д

- Данилов А. И., Маслак В. А., Вагин А. В., Сиваков И. А.** Численное моделирование пожара в вагоне метрополитена, № 10, 27
- Данилов И. Л.** см. Савин С. Н.
- Демехин Ф. В.** см. Иванов А. В.
- Денисов А. Н.** см. Зеленков С. А.
- Добриков С. А.** см. Поландов Ю. Х.
- Долгополов С. С.** см. Бутузов С. Ю.

Душкин А. Л., Ловчинский С. Е., Рязанцев Н. Н. Экранирование тонкораспыленной водой излучения от пожара, № 6, 52

Душкин А. Л., Ловчинский С. Е., Рязанцев Н. Н., Сегаль М. Д. Особенности пожаротушения в замкнутом объеме тонкораспыленной водой, № 3, 60

Е

Евдокимов В. И., Поташев Д. А., Коробейникова Е. Г. Структура изобретений по физико-химическим основам развития и прекращения горения в России (1994–2016 гг.), № 3, 5

Еремина Т. Ю., Назаров А. А. Предпосылки создания информационно-аналитической модели управления пожарной безопасностью на региональном уровне (на примере Республики Тыва), № 4, 6

Еремина Т. Ю., Трегубова И. В., Тихонова Н. В. Пожарная безопасность спортивных сооружений: российские и международные нормы проектирования, инновационные решения в области пожарной безопасности, № 3, 12

Еремина Т. Ю. см. Власов Н. А.

Еремина Т. Ю. см. Присадков В. И.

Ермаков А. С. см. Черепанов Д. А.

Есин В. М. см. Калмыков С. П.

Ж

Жуков А. О. см. Ищенко А. Д.

З

Зеленков С. А., Подгрушный А. В., Денисов А. Н., Бордик Р. И. Комбинированный метод тушения пожаров в высотных зданиях с использованием насосно-рукавной системы высокого давления, № 8, 56

Зосимова О. С., Семин А. А., Корольченко Д. А. Концепции и реалии нормирования коммуникационных путей в зданиях лечебных учреждений, № 11, 64

Зыков В. И., Поляков Ю. А., Фомин В. И. Экспериментальное определение быстродействия пленочного термосенсора в системах пожарной сигнализации, № 3, 39

И

Иванов А. В., Боева А. А., Ивахнюк Г. К., Терехин С. Н., Пророк В. Я. Исследование эксплуатационных характеристик наномодифицированных огнезащитных вспучивающихся композиций в условиях углеводородного пожара на объектах транспортировки нефтепродуктов, № 10, 5

Иванов А. В., Мифтахутдинова А. А., Нефедьев С. А., Симонова М. А., Маслаков М. Д. Условия стабилизации наноструктур для безопасной транспортировки легковоспламеняющихся жидкостей, № 9, 35

Иванов А. В., Михайлова В. И., Ивахнюк Г. К., Демехин Ф. В. Исследование характеристик модифицированных гидрогелей для тепловой защиты резервуаров нефтепродуктов, № 4, 58

Иванов А. В., Сорокин А. Ю., Ивахнюк Г. К., Демехин Ф. В. Управление электростатическими свойствами жидких углеводородов, модифицированных углеродными наноструктурами, № 7, 16

Иванов А. В., Торопов Д. П., Ивахнюк Г. К., Федоров А. В., Кузьмин А. А. Исследование огнетушащих свойств воды и гидрогелей с углеродными наноструктурами при ликвидации горения нефтепродуктов, № 8, 31

Иванов А. В. см. Абдулалиев Ф. А.

Иванов А. Ю., Малыгин И. Г., Комашинский В. И. Информационная система наземной регистрации состояния безопасности воздушного судна, № 2, 54

Иванов А. Ю., Рыбин О. А. Информационно-технологические аспекты обеспечения пожарной безопасности на транспорте, № 7, 56

Иванов А. Ю. см. Онов В. А.

Иванов С. А. см. Малыгин И. Г.

Ивахнюк Г. К. см. Иванов А. В.

Ищенко А. Д., Холостов А. Л., Таранцев А. А., Жуков А. О. Моделирование элементов логистики в чрезвычайных ситуациях на труднодоступных объектах, № 4, 41

Ищенко А. Д. см. Астапов П. Е.

Ищенко А. Д. см. Пузач С. В.

Ищенко А. Д. см. Таранцев А. А.

К

Кайбичев И. А., Кайбичева Е. И. Расчет индекса пожаров в Российской Федерации за 2011–2015 годы, № 3, 23

Кайбичева Е. И. см. Кайбичев И. А.

Калач А. В., Гусаков А. Н., Шарапов С. В. К вопросу о совершенствовании технологии и техники пенного пожаротушения, № 1, 75

Калач А. В., Крутолапов А. С., Королев Д. С., Калач Е. В. Расчет категории помещения на основе методики прогнозирования пожароопасных свойств продуктов нефтепереработки, № 9, 29

Калач А. В. см. Беззапонная О. В.

Калач А. В. см. Королев Д. С.

Калач Е. В. см. Беззапонная О. В.

Калач Е. В. см. Калач А. В.

- Калмыков С. П., Есин В. М.** Время обнаружения очага пожара, № 11, 52
- Каменецкая Н. В., Медведева О. М., Хитов С. Б., Бардулин Е. Н.** Обоснование выбора эффективных тактических приемов по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ методом последовательного анализа, № 5, 5
- Каменецкая Н. В., Медведева О. М., Хитов С. Б., Громов В. Н.** Математическое моделирование сравнительного анализа двух тактических приемов по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ подразделениями МЧС России, № 10, 20
- Каргашилов Д. В.** см. Шевцов С. А.
- Карпов В. Л., Медяник М. В.** О необходимости реализации процесса превентивного спасения людей при пожаре в уникальных высотных зданиях, № 8, 25
- Карпов В. Л.** см. Красавин А. В.
- Кафидов В. В.** см. Бутузов С. Ю.
- Кириллов С. В.** см. Мельников В. С.
- Князев П. Ю., Савельев Л. Н.** Презумпция виновности или “Горящая Россия–2”, № 6, 70
- Колпаков В. Ф.** Применение нечеткого моделирования для информационной поддержки принятия решений при ликвидации лесных пожаров, № 7, 65
- Комаров А. А., Корольченко Д. А., Громов Н. В.** Особенности гидродинамических расчетов при проведении технической экспертизы аварийного взрыва, № 10, 36
- Комашинский В. И.** см. Иванов А. Ю.
- Копейкин Н. Н.** см. Шарпов С. В.
- Копылов Н. П., Горшков В. И., Копылов С. Н., Федоткин Д. В.** Исследование температурных режимов тушения пожара в резервуарах пеной, № 3, 70
- Копылов Н. П., Пивоваров В. В., Пронин Д. Г.** Обеспечение безопасности людей в жилых зданиях повышенной этажности, № 9, 5
- Копылов С. Н.** см. Копылов Н. П.
- Копытин А. В.** см. Ушков В. А.
- Кораблев В. А., Минкин Д. А., Шарков А. В., Романов Н. Н.** Тепловой режим огнезащитной шторы в условиях интенсивного теплового воздействия, № 4, 29
- Коробейникова Е. Г.** см. Евдокимов В. И.
- Коробко В. Б.** Парадоксы первой редакции проекта свода правил “Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности”, № 8, 65
- Королев Д. С., Калач А. В., Щербаков О. В.** Применение методики прогнозирования пожароопасных свойств продуктов нефтепереработки на основе молекулярных дескрипторов для обоснования температурного класса взрывозащищенного электрооборудования, № 6, 21
- Королев Д. С.** см. Калач А. В.
- Корольков А. П.** см. Минкин Д. Ю.
- Корольченко Д. А., Волков А. А.** Тушение горючих жидкостей пеной из пленкообразующих пенообразователей, № 8, 45
- Корольченко Д. А.** см. Зосимова О. С.
- Корольченко Д. А.** см. Комаров А. А.
- Корольченко Д. А.** см. Фам Нам Тхань
- Костерин И. В.** см. Холщевников В. В.
- Костюченко Д. В.** см. Соколов С. В.
- Красавин А. В., Карпов В. Л.** Проблемы формирования нормативной базы высотного строительства в части обеспечения безопасной эвакуации при пожаре и техногенных авариях, № 11, 7
- Крутолапов А. С.** см. Калач А. В.
- Крутолапов А. С.** см. Шарпов С. В.
- Кузнецова Е. В.** см. Голованов В. И.
- Кузьмин А. А.** см. Иванов А. В.
- Кукин Д. А.** см. Поландов Ю. Х.
- Л**
- Лебедченко О. С.** см. Пузач С. В.
- Литовченко И. О.** см. Моторыгин Ю. Д.
- Лицкевич В. В.** см. Присадков В. И.
- Ловчинский С. Е.** см. Душкин А. Л.
- Ложкин В. Н.** Новый метод прогнозирования загрязнения воздуха в районе автомагистрали при горении торфа, № 6, 60
- Ломаев Е. Н.** см. Астапов П. Е.
- М**
- Макаров С. А.** см. Фещенко А. Н.
- Максимов А. В.** см. Моторыгин Ю. Д.
- Малыгин И. Г., Таранцев А. А., Иванов С. А., Наумушкина К. А., Столярова А. А.** Об обеспечении пожарной безопасности двухэтажных вагонов, № 7, 28
- Малыгин И. Г.** см. Иванов А. Ю.
- Малыгина Е. А.** см. Шленков А. В.
- Маслак В. А.** см. Данилов А. И.
- Маслаков М. Д.** см. Иванов А. В.
- Медведева О. М.** см. Каменецкая Н. В.
- Медяник М. В.** см. Карпов В. Л.
- Медяник М. В.** см. Мешалкин Е. А.
- Мельников В. С., Кириллов С. В., Мельников М. В., Щербаков М. И., Гарсков Р. В.** Тактическое термографирование процесса тушения пожара устройством высокоскоростной подачи огнетушащего вещества, № 3, 51

Мельников В. С., Мельников М. В., Молчанов В. П., Бастриков Д. Л. Условия пожара пролива нефтепродуктов на теплоизоляцию резервуаров, № 11, 31

Мельников М. В. см. Мельников В. С.

Мешалкин Е. А., Медяник М. В. Нормативные требования к общественным зданиям и сооружениям по отношению к магистральным трубопроводам, № 4, 15

Мешалкин Е. А. см. Гергель В. И.

Минкин Д. А. см. Кораблев В. А.

Минкин Д. Ю., Терехин С. Н., Корольков А. П., Османов Ш. А. Космический тепловизионный мониторинг нефтегазопроводного транспорта, № 12, 45

Мифтахутдинова А. А. см. Иванов А. В.

Михайлова В. И. см. Иванов А. В.

Молчанов В. П. см. Мельников В. С.

Молчанов В. П. см. Фещенко А. Н.

Москаленко Г. В. см. Шленков А. В.

Моторыгин Ю. Д., Литовченко И. О., Максимов А. В., Черных А. К. Оценка эффективности принятия решений по повышению пожарной безопасности на открытых автостоянках, № 1, 25

Мочалова Т. А. см. Батов Д. В.

Н

Навценя В. Ю. см. Филиппов В. Н.

Назаров А. А. см. Еремина Т. Ю.

Наумушкина К. А. см. Малыгин И. Г.

Нгуен Тат Дат см. Пузач С. В.

Недобитков А. И. Признаки электродугового процесса при экспертном исследовании после пожара плавкого элемента автомобильного предохранителя, № 11, 21

Нефедьев С. А. см. Иванов А. В.

Нигматуллина Д. М., Сивенков А. Б., Полищук Е. Ю., Стенина Е. И., Балакин В. М. Физико-механические и пожароопасные свойства древесины с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами, № 6, 43

Новиков Н. С. см. Голованов В. И.

О

Онов В. А., Остудин Н. В., Сафонов Д. П., Иванов А. Ю. Модель информационной поддержки принятия решения при оценке деятельности сотрудников МЧС России, № 2, 5

Османов Ш. А. см. Минкин Д. Ю.

Остудин Н. В. см. Онов В. А.

П

Павлов В. В. см. Голованов В. И.

Пивоваров В. В. см. Копылов Н. П.

Плицына О. В. см. Филиппов В. Н.

Подгрушный А. В. см. Зеленков С. А.

Покровская Е. Н., Портнов Ф. А. Кинетические параметры аэрозолей дыма при горении модифицированной древесины, № 12, 6

Покровская Е. Н., Портнов Ф. А. Термодинамическая оптимизация модификаторов поверхностного слоя древесины, № 5, 29

Поландов Ю. Х., Добриков С. А., Кукин Д. А. Результаты испытаний легкосбрасываемых конструкций, № 8, 5

Полетаев Н. Л. О взрывоопасности аэрозвеси меламмина, № 9, 15

Полетаев Н. Л. О проблеме экспериментального обоснования низкой взрывоопасности горючей пыли в 20-литровой камере, № 6, 5

Полищук Е. Ю. см. Анохин Е. А.

Полищук Е. Ю. см. Нигматуллина Д. М.

Поляков Ю. А. см. Зыков В. И.

Пономарев В. М. см. Филиппов В. Н.

Попов В. Г. см. Филиппов В. Н.

Портнов Ф. А. см. Покровская Е. Н.

Потапенко В. В. см. Таранцев А. А.

Поташев Д. А. см. Евдокимов В. И.

Потеха С. В. см. Шевцов С. А.

Пранов Б. М. см. Бутузов С. Ю.

Присадков В. И., Еремина Т. Ю., Тихонова Н. В. Предпосылки разработки свода правил "Противопожарная защита объектов культурного наследия", № 5, 45

Присадков В. И., Ушаков Д. В., Лицкевич В. В., Хатунцева С. Ю., Соболев Н. В. Оценка риска опускания оболочки воздухоопорного сооружения при пожаре, № 4, 50

Присадков В. И. см. Холщевников В. В.

Пронин Д. Г. см. Копылов Н. П.

Пророк В. Я. см. Иванов А. В.

Прус Ю. В. см. Бутузов С. Ю.

Пузач С. В., Лебедченко О. С. Расположение взрыво- и пожароопасных участков водородно-воздушной смеси по высоте конвективной колонки, образующейся над источником натекания водорода в помещении, № 1, 18

Пузач С. В., Лебедченко О. С., Ищенко А. Д., Фогилев И. С. Временной механизм воздействия опасных факторов пожара на персонал АЭС и комплексная защита от них, № 8, 15

Пузач С. В., Нгуен Тат Дат. Экспериментально-теоретический подход к расчету концентраций монооксида углерода и показателя токсичности при пожаре в условно герметичном помещении, № 2, 36

Р

Ражников С. В. см. Бутузов С. Ю.
Романов Н. Н. см. Кораблев В. А.
Рубцов В. В. см. Гудин С. В.
Рубцов Д. Н. см. Гудин С. В.
Рыбин О. А. см. Иванов А. Ю.
Рязанцев Н. Н. см. Душкин А. Л.

С

Савельев Л. Н. см. Князев П. Ю.
Савин С. Н., Данилов И. Л. Экспериментальное обоснование мероприятий по совершенствованию проектных решений строительных конструкций зданий и сооружений АЭС, № 2, 14
Салымова Е. Ю. см. Горев В. А.
Самошин Д. А. см. Холщевников В. В.
Сафонов Д. П. см. Онов В. А.
Сегаль М. Д. см. Душкин А. Л.
Селезнев В. А. см. Ушков В. А.
Семиков В. Л. см. Бутузов С. Ю.
Семин А. А. см. Зосимова О. С.
Серков Б. Б. см. Холщевников В. В.
Сиваков И. А. см. Данилов А. И.
Сивенков А. Б. см. Анохин Е. А.
Сивенков А. Б. см. Нигматуллина Д. М.
Симонова М. А. см. Иванов А. В.
Смирнов В. А. см. Ушков В. А.
Соболев Н. В. см. Присадков В. И.
Соколов С. В., Костюченко Д. В. Управление рисками гибели людей при пожарах в жилых домах городских поселений, № 1, 61
Соколов С. В. см. Брушлинский Н. Н.
Сорокин А. Ю. см. Иванов А. В.
Сорокина Ю. Н. см. Сунцов Ю. К.
Стенина Е. И. см. Нигматуллина Д. М.
Столярова А. А. см. Малыгин И. Г.
Сторонкина О. Е. см. Батов Д. В.
Сунцов Ю. К., Сорокина Ю. Н., Чуйков А. М. Взаимосвязь энергии Гельмгольца с температурой вспышки веществ в гомологическом ряду n-алкиламинов, № 4, 21

Т

Таранцев А. А. О применимости перколяционного метода моделирования развития пожара на открытых территориях, № 5, 66

Таранцев А. А., Холостов А. Л., Ищенко А. Д., Потапенко В. В. О задачах анализа и синтеза систем обслуживания заявок нескольких типов, № 3, 31

Таранцев А. А., Холостов А. Л., Таранцев А. А. Анализ и синтез систем массового обслуживания с разнотипными заявками в задачах обеспечения безопасности объектов, № 9, 54

Таранцев А. А. см. Ищенко А. Д.
Таранцев А. А. см. Малыгин И. Г.
Таранцев А. А. мл. см. Таранцев А. А.
Терехин С. Н. см. Иванов А. В.
Терехин С. Н. см. Минкин Д. Ю.
Тихонова Н. В. см. Еремина Т. Ю.
Тихонова Н. В. см. Присадков В. И.
Торопов Д. П. см. Иванов А. В.
Трегубова И. В. см. Еремина Т. Ю.
Третьяков А. В. см. Фещенко А. Н.

У

Ульяновский А. А. см. Абдулалиев Ф. А.
Ушаков Д. В. см. Присадков В. И.
Ушков В. А., Копытин А. В., Селезнев В. А., Смирнов В. А. Эффективность броморганических антипиренов в эпоксидных композиционных материалах, № 7, 5
Ушков В. А., Копытин А. В., Шувалова Е. А., Смирнов В. А. Горючесть и дымообразующая способность композиционных материалов на основе эпоксидных олигомеров, № 6, 31

Ф

Фам Нам Тхань, Василенко В. В., Корольченко Д. А. Актуализация систематизации методов динамических испытаний ограждений предохранительных инвентарных, № 12, 35
Федоров А. В. см. Астапов П. Е.
Федоров А. В. см. Иванов А. В.
Федоткин Д. В. см. Копылов Н. П.
Фещенко А. Н., Макаров С. А., Молчанов В. П., Третьяков А. В., Воевода С. С. Определение кратности пленкообразующей пены для подслоного тушения пожаров горючих жидкостей, № 9, 65
Филиппов В. Н., Попов В. Г., Беспалько С. В., Шебеко Ю. Н., Навценя В. Ю. Результаты комплексных исследований пожаровзрывобезопасности цистерн для перевозки сжиженных углеводородных газов, № 10, 43
Филиппов В. Н., Шебеко Ю. Н., Пономарев В. М., Навценя В. Ю., Беспалько С. В., Плицына О. В. Моделирование поведения железнодорожной цистерны с СУГ в очаге пламени, № 11, 41

Фогилев И. С. см. Пузач С. В.

Фомин В. И. см. Зыков В. И.

Х

Хабибулин Р. Ш. см. Гудин С. В.

Харисов Г. Х. см. Бутузов С. Ю.

Харламенков А. С. Особенности выбора взрывозащищенного электрооборудования с видом взрывозащиты “р” для пылевых сред, № 10, 77

Харламенков А. С. Применение кабельной продукции для обеспечения пожарной безопасности с учетом различий в терминологии, № 11, 81

Харламенков А. С. Требования пожарной безопасности к пиротехническим изделиям, № 12, 59

Хатунцева С. Ю. см. Присадков В. И.

Хитов С. Б. см. Каменецкая Н. В.

Холостов А. Л. см. Ищенко А. Д.

Холостов А. Л. см. Таранцев А. А.

Холщевников В. В. В помощь разработчикам свода правил “Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности”, № 8, 70

Холщевников В. В. Научн. редактирование: Thompson P., Nilsson D., Boyce K., McGrath D. Модели для расчета эвакуации людей устаревают (перевод), № 7, 39

Холщевников В. В., Присадков В. И., Костерин И. В. Совершенствование методологии определения расчетных величин пожарного риска в зданиях и сооружениях на основе стохастического описания определяющих их процессов и деревьев событий, № 1, 5

Холщевников В. В., Самошин Д. А., Шахуов Т. Ж. Зависимости между параметрами людских потоков при эвакуации из мечетей, № 5, 54

Холщевников В. В., Серков Б. Б. Значимость автоматических систем противопожарной защиты для обеспечения безопасности людей в высотных зданиях, № 9, 44

Ч

Черепанов Д. А., Ермаков А. С. Экспертная оценка пожарного риска для кемпинга с применением матрицы последствий и вероятностей, № 2, 62

Черных А. К. см. Моторыгин Ю. Д.

Членов А. Н. см. Астапов П. Е.

Чуйков А. М. см. Сунцов Ю. К.

Ш

Шарапов С. В., Крутолапов А. С., Копейкин Н. Н. Анализ информации о пожарах на судах и о практике их тушения в портах, № 1, 52

Шарапов С. В. см. Беззапонная О. В.

Шарапов С. В. см. Калач А. В.

Шарков А. В. см. Кораблев В. А.

Шахуов Т. Ж. см. Холщевников В. В.

Шебеко Ю. Н. см. Филиппов В. Н.

Шевцов С. А., Каргашилов Д. В., Потеха С. В., Быков И. А. Оценка пожарной опасности “больших дыханий” наземных резервуаров для хранения нефтепродуктов численными методами, № 1, 43

Шленков А. В., Малыгина Е. А., Москаленко Г. В. Влияние негативных факторов профессиональной деятельности на индивидуально-личностные особенности пожарных и спасателей, № 10, 61

Шувалова Е. А. см. Ушков В. А.

Щ

Щербаков М. И. см. Мельников В. С.

Щербаков О. В. см. Королев Д. С.

Я

Яковлев О. В. см. Бутузов С. Ю.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ В 2017 г.

Фамилии авторов и название статей	Номер журнала	Стр.
ЮБИЛЕИ		
Журналу “ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ” — 25 лет	1	1
ХОЛЩЕВНИКОВУ Валерию Васильевичу — 80 лет	4	5
НОВОСТИ, КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ		
Выставка SECURIKA St. Petersburg продемонстрировала новые достижения в индустрии безопасности	11	5
ОБЩИЕ ВОПРОСЫ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ		
Евдокимов В. И., Поташев Д. А., Коробейникова Е. Г. Структура изобретений по физико-химическим основам развития и прекращения горения в России (1994–2016 гг.)	3	5
Еремина Т. Ю., Назаров А. А. Предпосылки создания информационно-аналитической модели управления пожарной безопасностью на региональном уровне (на примере Республики Тыва)	4	6
Каменецкая Н. В., Медведева О. М., Хитов С. Б., Бардулин Е. Н. Обоснование выбора эффективных тактических приемов по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ методом последовательного анализа	5	5
Копылов Н. П., Пивоваров В. В., Пронин Д. Г. Обеспечение безопасности людей в жилых зданиях повышенной этажности	9	5
Красавин А. В., Карпов В. Л. Проблемы формирования нормативной базы высотного строительства в части обеспечения безопасной эвакуации при пожаре и техногенных авариях ...	11	7
Мешалкин Е. А., Медяник М. В. Нормативные требования к общественным зданиям и сооружениям по отношению к магистральным трубопроводам	4	15
Онов В. А., Остудин Н. В., Сафонов Д. П., Иванов А. Ю. Модель информационной поддержки принятия решения при оценке деятельности сотрудников МЧС России	2	5
Холщевников В. В., Присадков В. И., Костерин И. В. Совершенствование методологии определения расчетных величин пожарного риска в зданиях и сооружениях на основе стохастического описания определяющих их процессов и деревьев событий	1	5
ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ, ДЕТОНАЦИИ И ВЗРЫВА		
Горев В. А., Салымова Е. Ю. О возможности вибрационного горения при внутренних взрывах	5	13
Полетаев Н. Л. О взрывоопасности взрывов меламина	9	15
Полетаев Н. Л. О проблеме экспериментального обоснования низкой взрывоопасности горючей пыли в 20-литровой камере	6	5
БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ		
Анохин Е. А., Полищук Е. Ю., Сивенков А. Б. Применение огнезащитных пропиточных композиций для снижения пожарной опасности деревянных конструкций с различными сроками эксплуатации	2	22
Батов Д. В., Сторонкина О. Е., Мочалова Т. А. Модификация аддитивно-группового метода для описания показателей пожарной опасности предельных углеводородов: температур вспышки и самовоспламенения, энтальпии испарения	5	21

Фамилии авторов и название статей	Номер журнала	Стр.
Беззапонная О. В., Головина Е. В., Акулов А. Ю., Калач А. В., Шарапов С. В., Калач Е. В. Пути совершенствования огнезащитных терморасширяющихся составов для использования на объектах нефтегазового комплекса	12	14
Иванов А. В., Боева А. А., Ивахнюк Г. К., Терехин С. Н., Пророк В. Я. Исследование эксплуатационных характеристик наномодифицированных огнезащитных вспучивающихся композиций в условиях углеводородного пожара на объектах транспортировки нефтепродуктов	10	5
Иванов А. В., Мифтахутдинова А. А., Нефедьев С. А., Симонова М. А., Маслаков М. Д. Условия стабилизации наноструктур для безопасной транспортировки легковоспламеняющихся жидкостей	9	35
Калач А. В., Крутолапов А. С., Королев Д. С., Калач Е. В. Расчет категории помещения на основе методики прогнозирования пожароопасных свойств продуктов нефтепереработки	9	29
Кораблев В. А., Минкин Д. А., Шарков А. В., Романов Н. Н. Тепловой режим огнезащитной шторы в условиях интенсивного теплового воздействия	4	29
Королев Д. С., Калач А. В., Щербаков О. В. Применение методики прогнозирования пожароопасных свойств продуктов нефтепереработки на основе молекулярных дескрипторов для обоснования температурного класса взрывозащищенного электрооборудования	6	21
Нигматуллина Д. М., Сивенков А. Б., Полищук Е. Ю., Стенина Е. И., Балакин В. М. Физико-механические и пожароопасные свойства древесины с глубокой пропиткой огнебиозащитными составами	6	43
Покровская Е. Н., Портнов Ф. А. Кинетические параметры аэрозолей дыма при горении модифицированной древесины	12	6
Покровская Е. Н., Портнов Ф. А. Термодинамическая оптимизация модификаторов поверхностного слоя древесины	5	29
Сунцов Ю. К., Сорокина Ю. Н., Чуйков А. М. Взаимосвязь энергии Гельмгольца с температурой вспышки веществ в гомологическом ряду n-алкиламинов	4	21
Ушков В. А., Копытин А. В., Селезнев В. А., Смирнов В. А. Эффективность броморганических антипиренов в эпоксидных композиционных материалах	7	5
Ушков В. А., Копытин А. В., Шувалова Е. А., Смирнов В. А. Горючесть и дымообразующая способность композиционных материалов на основе эпоксидных олигомеров	6	31

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

Абдулалиев Ф. А., Иванов А. В., Ульяновский А. А. Вероятностный подход к моделированию развития пожара на открытых территориях с применением перколяционного процесса и функции нейронной сети	2	44
Бутузов С. Ю., Долгополов С. С., Кафидов В. В., Ражников С. В., Харисов Г. Х. Модель системы поддержки управления кадровым составом оперативных служб с учетом критериев вероятностного взаимодействия	12	25
Бутузов С. Ю., Пранов Б. М., Прус Ю. В., Семиков В. Л., Яковлев О. В. Модель оценки устойчивости автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности	11	14
Данилов А. И., Маслак В. А., Вагин А. В., Сиваков И. А. Численное моделирование пожара в вагоне метрополитена	10	27
Каменецкая Н. В., Медведева О. М., Хитов С. Б., Громов В. Н. Математическое моделирование сравнительного анализа двух тактических приемов по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ подразделениями МЧС России	10	20

Фамилии авторов и название статей	Номер журнала	Стр.
Пузач С. В., Лебедченко О. С. Расположение взрыво- и пожароопасных участков водородно-воздушной смеси по высоте конвективной колонки, образующейся над источником натекания водорода в помещении	1	18
Пузач С. В., Нгуен Тат Дат. Экспериментально-теоретический подход к расчету концентраций монооксида углерода и показателя токсичности при пожаре в условно герметичном помещении	2	36
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА		
Иванов А. В., Сорокин А. Ю., Ивахнюк Г. К., Демехин Ф. В. Управление электростатическими свойствами жидких углеводородов, модифицированных углеродными наноструктурами	7	16
Недобитков А. И. Признаки электродугового процесса при экспертном исследовании после пожара плавкого элемента автомобильного предохранителя	11	21
БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ		
Астапов П. Е., Федоров А. В., Членов А. Н., Ломаев Е. Н., Ищенко А. Д. Технологические и структурные решения по созданию системы мониторинга взрывопожароопасности объектов добычи и транспорта нефти	10	50
Мельников В. С., Мельников М. В., Молчанов В. П., Бастриков Д. Л. Условия пожара пролива нефтепродуктов на теплоизоляцию резервуаров	11	31
БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ОБЪЕКТОВ		
Голованов В. И., Новиков Н. С., Павлов В. В., Кузнецова Е. В. Прочностные и теплофизические свойства бетона с полипропиленовой фиброй в условиях температурного режима стандартного пожара	5	37
Гордеев Н. А., Годунова Г. Н. Обеспечение огнестойкости проемов для прокладки кабельных изделий в противопожарных преградах при использовании терморасширяющейся противопожарной пены и огнестойкой монтажной пены	4	37
Гудин С. В., Хабибуллин Р. Ш., Рубцов Д. Н., Рубцов В. В. Оценка расчетных величин пожарного риска на территории газораспределительной станции	1	32
Еремина Т. Ю., Трегубова И. В., Тихонова Н. В. Пожарная безопасность спортивных сооружений: российские и международные нормы проектирования, инновационные решения в области пожарной безопасности	3	12
Иванов А. Ю., Малыгин И. Г., Комашинский В. И. Информационная система наземной регистрации состояния безопасности воздушного судна	2	54
Ищенко А. Д., Холостов А. Л., Таранцев А. А., Жуков А. О. Моделирование элементов логистики в чрезвычайных ситуациях на труднодоступных объектах	4	41
Комаров А. А., Корольченко Д. А., Громов Н. В. Особенности гидродинамических расчетов при проведении технической экспертизы аварийного взрыва	10	36
Ложкин В. Н. Новый метод прогнозирования загрязнения воздуха в районе автомагистрали при горении торфа	6	60
Малыгин И. Г., Таранцев А. А., Иванов С. А., Наумушкина К. А., Столярова А. А. Об обеспечении пожарной безопасности двухэтажных вагонов	7	28
Моторыгин Ю. Д., Литовченко И. О., Максимов А. В., Черных А. К. Оценка эффективности принятия решений по повышению пожарной безопасности на открытых автостоянках	1	25
Поландов Ю. Х., Добриков С. А., Кукин Д. А. Результаты испытаний легкосбрасываемых конструкций	8	5

Фамилии авторов и название статей	Номер журнала	Стр.
Присадков В. И., Еремина Т. Ю., Тихонова Н. В. Предпосылки разработки свода правил “Противопожарная защита объектов культурного наследия”	5	45
Присадков В. И., Ушаков Д. В., Лицкевич В. В., Хатунцева С. Ю., Соболев Н. В. Оценка риска опускания оболочки воздухоопорного сооружения при пожаре	4	50
Савин С. Н., Данилов И. Л. Экспериментальное обоснование мероприятий по совершенствованию проектных решений строительных конструкций зданий и сооружений АЭС	2	14
Филиппов В. Н., Попов В. Г., Беспалько С. В., Шебеко Ю. Н., Навценя В. Ю. Результаты комплексных исследований пожаровзрывобезопасности цистерн для перевозки сжиженных углеводородных газов	10	43
Филиппов В. Н., Шебеко Ю. Н., Пономарев В. М., Навценя В. Ю., Беспалько С. В., Плицына О. В. Моделирование поведения железнодорожной цистерны с СУГ в очаге пламени	11	41
Черепанов Д. А., Ермаков А. С. Экспертная оценка пожарного риска для кемпинга с применением матрицы последствий и вероятностей	2	62
Шевцов С. А., Каргашилов Д. В., Потеха С. В., Быков И. А. Оценка пожарной опасности “больших дыханий” наземных резервуаров для хранения нефтепродуктов численными методами	1	43
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ		
Зосимова О. С., Семин А. А., Корольченко Д. А. Концепции и реалии нормирования коммуникационных путей в зданиях лечебных учреждений	11	64
Калмыков С. П., Есин В. М. Время обнаружения очага пожара	11	52
Карпов В. Л., Медяник М. В. О необходимости реализации процесса превентивного спасения людей при пожаре в уникальных высотных зданиях	8	25
Пузач С. В., Лебедченко О. С., Ищенко А. Д., Фогилев И. С. Временной механизм воздействия опасных факторов пожара на персонал АЭС и комплексная защита от них	8	15
Соколов С. В., Костюченко Д. В. Управление рисками гибели людей при пожарах в жилых домах городских поселений	1	61
Фам Нам Тхань, Василенко В. В., Корольченко Д. А. Актуализация систематизации методов динамических испытаний ограждений предохранительных инвентарных	12	35
Холщевников В. В., Самошин Д. А., Шахуов Т. Ж. Зависимости между параметрами людских потоков при эвакуации из мечетей	5	54
Шленков А. В., Малыгина Е. А., Москаленко Г. В. Влияние негативных факторов профессиональной деятельности на индивидуально-личностные особенности пожарных и спасателей	10	61
Thompson P., Nilsson D., Boyce K., McGrath D. Модели для расчета эвакуации людей устаревают. <i>Перевод; научн. редактирование Холщевников В. В.</i>	7	39
СТАТИСТИКА И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ		
Брушлинский Н. Н., Соколов С. В., Григорьева М. П. Анализ основных пожарных рисков в странах мира и в России	2	72
Кайбичев И. А., Кайбичева Е. И. Расчет индекса пожаров в Российской Федерации за 2011–2015 годы	3	23
Таранцев А. А., Холостов А. Л., Таранцев А. А. Анализ и синтез систем массового обслуживания с разнотипными заявками в задачах обеспечения безопасности объектов	9	54
Шарапов С. В., Крутолапов А. С., Копейкин Н. Н. Анализ информации о пожарах на судах и о практике их тушения в портах	1	52

Фамилии авторов и название статей	Номер журнала	Стр.
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА		
Зыков В. И., Поляков Ю. А., Фомин В. И. Экспериментальное определение быстродействия пленочного термосенсора в системах пожарной сигнализации	3	39
Минкин Д. Ю., Терехин С. Н., Корольков А. П., Османов Ш. А. Космический тепловизионный мониторинг нефтегазопроводного транспорта	12	45
Холщевников В. В., Серков Б. Б. Значимость автоматических систем противопожарной защиты для обеспечения безопасности людей в высотных зданиях	9	44
ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЖАРНОЙ И КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ		
Иванов А. Ю., Рыбин О. А. Информационно-технологические аспекты обеспечения пожарной безопасности на транспорте	7	56
Колпаков В. Ф. Применение нечеткого моделирования для информационной поддержки принятия решений при ликвидации лесных пожаров	7	65
Таранцев А. А., Холостов А. Л., Ищенко А. Д., Потапенко В. В. О задачах анализа и синтеза систем обслуживания заявок нескольких типов	3	31
СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ		
Алешков М. В., Гусев И. А. Определение рабочих параметров установок пожаротушения с возможностями гидроабразивной резки, применяемых на объектах энергетики	10	69
Власов Н. А., Еремина Т. Ю. Огнетушащая эффективность пены, полученной из концентрированных солевых растворов	12	52
Гергель В. И., Мешалкин Е. А. Пожаротушение тонкораспыленной водой высокого давления	3	45
Душкин А. Л., Ловчинский С. Е., Рязанцев Н. Н. Экранирование тонкораспыленной водой излучения от пожара	6	52
Душкин А. Л., Ловчинский С. Е., Рязанцев Н. Н., Сегаль М. Д. Особенности пожаротушения в замкнутом объеме тонкораспыленной водой	3	60
Зеленков С. А., Подгрушный А. В., Денисов А. Н., Бордик Р. И. Комбинированный метод тушения пожаров в высотных зданиях с использованием насосно-рукавной системы высокого давления	8	56
Иванов А. В., Михайлова В. И., Ивахнюк Г. К., Демехин Ф. В. Исследование характеристик модифицированных гидрогелей для тепловой защиты резервуаров нефтепродуктов	4	58
Иванов А. В., Торопов Д. П., Ивахнюк Г. К., Федоров А. В., Кузьмин А. А. Исследование огнетушащих свойств воды и гидрогелей с углеродными наноструктурами при ликвидации горения нефтепродуктов	8	31
Калач А. В., Гусаков А. Н., Шарапов С. В. К вопросу о совершенствовании технологии и техники пенного пожаротушения	1	75
Копылов Н. П., Горшков В. И., Копылов С. Н., Федоткин Д. В. Исследование температурных режимов тушения пожара в резервуарах пеной	3	70
Корольченко Д. А., Волков А. А. Тушение горючих жидкостей пеной из пленкообразующих пенообразователей	8	45
Мельников В. С., Кириллов С. В., Мельников М. В., Щербаков М. И., Гарсков Р. В. Тактическое термографирование процесса тушения пожара устройством высокоскоростной подачи огнетушащего вещества	3	51

Фамилии авторов и название статей	Номер журнала	Стр.
Фешенко А. Н., Макаров С. А., Молчанов В. П., Третьяков А. В., Воевода С. С. Определение кратности пленкообразующей пены для подслоного тушения пожаров горючих жидкостей	9	65
ДИСКУССИИ		
Князев П. Ю., Савельев Л. Н. Презумпция виновности или “Горящая Россия–2”	6	70
Коробко В. Б. Парадоксы первой редакции проекта свода правил “Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности”	8	65
О разработке проекта свода правил “Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности”	7	75
Таранцев А. А. О применимости перколяционного метода моделирования развития пожара на открытых территориях	5	66
Холщевников В. В. В помощь разработчикам свода правил “Здания и комплексы высотные. Требования пожарной безопасности”	8	70
ВОПРОС – ОТВЕТ		
Харламенков А. С. Особенности выбора взрывозащищенного электрооборудования с видом взрывозащиты “р” для пылевых сред	10	77
Харламенков А. С. Применение кабельной продукции для обеспечения пожарной безопасности с учетом различий в терминологии	11	81
Харламенков А. С. Требования пожарной безопасности к пиротехническим изделиям	12	59
НЕКРОЛОГ		
Георгий Михайлович МАХВИЛАДЗЕ	6	81
Владимир Николаевич ЧЕРКАСОВ	9	78

ISSN 0869-7493 (Print)
ISSN 2587-6201 (Online)

**Продолжается
подписка
на журнал**

ПОЖАРОВЗРЫВО- БЕЗОПАСНОСТЬ



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

- Стоимость подписки на 1-е полугодие 2018 г. (6 номеров) — 6840 руб.
- Стоимость годовой подписки (12 номеров) — 12960 руб.

ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИЯ:

- Стоимость подписки на 1-е полугодие 2018 г. (6 номеров) — 4920 руб.
- Стоимость годовой подписки (12 номеров) — 9360 руб.

ПОДПИСКА ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ:

- через ООО “Издательство “Пожнаука”;

ЧЕРЕЗ ПОДПИСНЫЕ АГЕНТСТВА:

- ООО “Урал-Пресс”,
индекс 83647 (полугодовой), 70753 (годовой);
- ООО “Агенство “Книга Сервис”,
индекс 83647 (полугодовой), 70753 (годовой);
- ЗАО “ПРЕССИНФОРМ”,
индекс 83647 (полугодовой), 70753 (годовой)



ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет

Научно-
исследовательские
и сертификационные
испытания:

- ♦ железобетонных конструкций
- ♦ противопожарных преград
- ♦ легкобрасываемых конструкций
- ♦ фасадных систем
- ♦ палуб, переборок

Контакты:

Тел.: 8 (495) 109-05-58

e-mail: ikbs@mgsu.ru,

mail@ikbs-mgsu.com

www.ikbs-mgsu.com

Свидетельство о признании
Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.21AM09 от 24.06.2014 г.
РМРС № 16.00385.120 от 28.12.2016 г.