

12-2018

ПОЖ Издательство
НАУКА

ПОЖАРОВЗРЫВО-

БЕЗОПАСНОСТЬ



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

пожарная • промышленная • производственная • экологическая

Для тех, кто сделал
безопасность
своей профессией



Главному редактору журнала
«Пожаровзрывобезопасность»

КОРОЛЬЧЕНКО Александру Яковлевичу

80 лет



Восемьдесят лет достойной жизни...

Вы являетесь притерот для нескольких поколений.

Искренне желает Вам крепкого здоровья и бодрости духа.

С юбилеем Вас!



О сколько нам открытий чудных
Готовят просвещения дух
И опыт, сын ошибок трудных,
И гений, парадоксов друг...

Эти стихи русского поэта Александра Сергеевича Пушкина можно смело отнести к жизни крупного специалиста и достойного человека — Корольченко Александра Яковлевича, полковника внутренней службы, доктора технических наук, профессора, академика МАНЭБ.

19 января 2019 г. ему исполняется 80 лет.

В 1965 г. он окончил Московский химико-технологический институт имени Д. И. Менделеева. Но свою трудовую деятельность он начал еще в 1964 г., во Всесоюзном научно-исследовательском

институте противопожарной обороны (ВНИИПО), где он проработал до 1966 г. Через 10 лет Александр Яковлевич вернулся во ВНИИПО и за время работы в институте — с 1976 по 1997 гг. прошел путь от младшего научного сотрудника до заместителя начальника института.

А. Я. Корольченко — создатель научной школы в области пожаровзрывоопасности веществ и материалов, пожаровзрывоопасности технологических процессов. По этим научным направлениям им подготовлено 9 докторов и 30 кандидатов наук.

Он разработал методику оценки достоверности данных по показателям пожаровзрывоопасности веществ и материалов, с использованием которой создан отечественный банк данных по опасным свойствам веществ.

Александр Яковлевич стоит у истоков отечественной системы сертификации продуктов и услуг в области пожарной безопасности: им создан первый в России орган по сертификации в этой области.

Более четверти века назад А. Я. Корольченко основал журнал «Пожаровзрывобезопасность» и все эти годы является его бессменным главным редактором.

С 1997 г. профессор А. Я. Корольченко работает в МГСУ. Здесь он создал кафедру пожарной безопасности, которую сам и возглавил в 2003 г. Позднее кафедра пожарной безопасности под руководством его сына, Д. А. Корольченко, была реорганизована в кафедру комплексной безопасности в строительстве (КБС). В 2019 г. кафедра КБС тоже будет отмечать свой юбилей: в июле состоится десятый выпуск инженеров по пожарной безопасности.

Несмотря на зрелый возраст, Александр Яковлевич до сих пор в строю. Успехи Александра Яковлевича и коллективов, которые он возглавлял, тесно связаны с его личными качествами. Это принципиальный и доброжелательный человек, умеющий находить нестандартные решения, добиваться делового и спокойного обсуждения научных и производственных вопросов. Его профессионализм, тактичность, трудолюбие получили заслуженное признание в научной среде. Ему присущи уникальная трудоспособность и целеустремленность, принципиальность и тщательный анализ. Все, кому посчастливилось с ним работать, отмечают его удивительные человеческие качества: исключительную деликатность, умение выслушивать и убеждать коллег, способность решать сложные проблемы взаимоотношений между людьми, готовность прийти на помощь коллегам, попавшим в трудное положение.

ВЫСТАВКА технических средств охраны
и оборудования для обеспечения
безопасности и противопожарной защиты



securexpo

**27 февраля
— 2 марта
2019**

Краснодар
ВКК «Экспоград Юг»

**ПОЛУЧИТЕ
БЕСПЛАТНЫЙ
БИЛЕТ**

на сайте
securexpo.ru

ВАШ ПРОМОКОД
sce19tdf563



12+

РЕКЛАМА

Организатор



Международная
Выставочная
Компания

+7 (861) 200-12-50, 200-12-34
securexpo@krasnodarexpo.ru

ОДНОВРЕМЕННО С ВЫСТАВКОЙ



**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 массо-
вых 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:

121596, Россия, г. Москва,
ул. Горбунова, д. 2, стр. 3, пом. II, комн. 12

Адрес для переписки:

121352, Россия, г. Москва, а/я 6.

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 17.12.2018.
Выход в свет 27.12.2018.
Формат 60х84 1/8. Тираж 2000 экз.
Бумага мелованная матовая.
Печать офсетная.

Отпечатано в типографии ООО "Гран При"
(Россия, 152900, г. Рыбинск,
ул. Орджоникидзе, д. 57).

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Корольченко А. Я., д. т. н., профессор, академик МАНЭБ (Национальный иссле-
довательский 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 политехни-
ческий 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 исследовательский
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)

Роу Р. Л., профессор (Школа права Университета Джорджауна, Вашингтон, США)

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 Российской инженерной
академии (РИА), советник РААСН (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, академик
ВАНКБ, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации
(Национальный исследовательский Московский государственный строительный
университет, Москва, Россия)

Христов Б., д. т. н., профессор (Берлинский институт техники и экономики, Берлин,
Германия)

Челани А. (Миланский технический университет, Милан, Италия)

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)

Шоус Р. (Университет штата Пенсильвания, Юниверсити-Парк, Пенсильвания,
США)

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

А. В. ИВАНОВ, А. А. МИФТАХУТДИНОВА,
Г. К. ИВАХНЮК, А. В. БАШАРИЧЕВ
Физико-технологические принципы и методика
управления пожароопасными процессами
при обращении с жидкими углеводородами
в условиях стабилизации наноструктур

7

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

Н. Г. ТОПОЛЬСКИЙ,
И. В. САМАРИН, А. Ю. СТРОГОНОВ
Методика оценки эффективности управления
мероприятиями пожарной безопасности
на объектах ТЭК в составе автоматизированной
системы поддержки управления

19

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

О. С. ЗОСИМОВА, Д. А. КОРОЛЬЧЕНКО
Натурные наблюдения за скоростью свободного
движения пациенток гинекологического отделения
в Китае

27

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА

И. В. ГРИГОРЬЕВ, В. В. КУТУЗОВ, В. А. БЕЗРУКОВ,
А. П. КОРОЛЬКОВ, Ш. А. ОСМАНОВ
Электроиндукционный метод контроля параметров
аэродисперсной системы и раннего обнаружения
термического разложения кабельной продукции
и других материалов

37

А. В. КАЛАЧ, Е. В. КАЛАЧ, А. В. ВЫТОВТОВ
Использование беспилотных воздушных судов
для обеспечения пожарной безопасности линейных
объектов нефтегазовой отрасли

49

ВОПРОС – ОТВЕТ

Л. М. МЕШМАН
Вычисление параметров диктующего оросителя
водяных АУП

56

А. С. ХАРЛАМЕНКОВ
Профилактика пожаров в зимний период

62

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ ЗА 2018 г.

66

ТЕМАТИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ,
ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ В 2018 г.

71

CONTENTS

SAFETY OF SUBSTANCES AND MATERIALS

A. V. IVANOV, A. A. MIFTAKHUTDINOVA,
G. K. IVAKHNYUK, A. V. BASHARICHEV
Physical and technological principles and methodology
for the management of fire protection processes
when treating liquid hydrocarbon in the conditions
of stabilization of nanostructures

MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND PROGRAM COMPLEXES

N. G. TOPOLSKIY, I. V. SAMARIN,
A. Yu. STROGONOV
Technique of an assessment of efficiency
of management of fire safety at facilities of fuel
and energy complex using by computer-aided support
control system

LIFE SAFETY

O. S. ZOSIMOVA, D. A. KOROLCHENKO
Full-scale observations of the speed
of free movement of gynecological patients
in China

AUTOMATED SYSTEMS AND MEANS

I. V. GRIGORIEV, V. V. KUTUZOV, V. A. BEZRUKOV,
A. P. KOROLKOV, Sh. A. OSMANOV
Electrostatic induction method in controlling parameters
of aero dispersion systems and early detecting
thermal decomposition in cable products
and other materials

A. V. KALACH, E. V. KALACH, A. V. VYTOVTOV
Use of free aircraft for ensuring
the fire safety of linear objects of oil
and gas industry

QUESTION – ANSWER

L. M. MESHMAN
Calculation of parameters of the dictating sprinkler
of water AFEI

A. S. KHARLAMENKOV
Prevention of fires in the winter period

AUTHORS INDEX '2018

GUIDE INDEX OF THE ARTICLES
PUBLISHED IN 2018



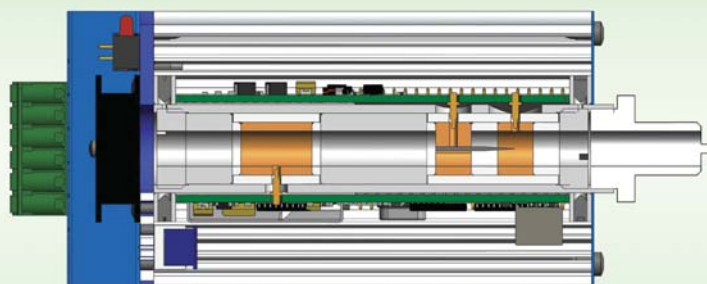
Эффективность управления мероприятиями ПБ на объектах ТЭК

Стр. 19



Стр. 27

Натурные наблюдения за движением пациенток в Китае



Электроиндукционный метод контроля аэродисперсной системы

Стр. 37



Стр. 49

Использование беспилотных воздушных судов для обеспечения ПБ



Стр. 56

Вычисление параметров диктующего оросителя водяных АУП



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 **O. N. Korolchenko**

Editorial Director **N. N. Sokolova**

Editor **L. V. Krylova**

Address of editorial staff:

Gorbunova St., 2, bldg. 3, office II, rm. 12,
Moscow, 121596, Russia.

Corresponding to: Post office box 6,
Moscow, 121352, Russia.

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

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

“Pozharovzryvobezopasnost / 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 17.12.2018.
Date of publication 27.12.2018.
Format is 60x84 1/8.
Printing is 2000 copies.
Chalk-overlay mat paper.
Offset printing.

Printed at “Gran Pri”, Ltd.
(Ordzhonikidze St., 57, Rybinsk,
152900, Russian Federation)

EDITOR-IN-CHIEF:

A. Ya. Korolchenko, 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:

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

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

EDITORIAL BOARD:

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

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

N. N. Brushlinskiy, 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)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

R. L. Roe, Professor (Georgetown University Law Center, Washington, United States)

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

A. G. Tamrazyan, Dr. Tech. Sci., Professor, Full Member of Russian Academy of
Engineering, Advisor of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences
(National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia)

N. G. Topolskiy, 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)

V. V. Kholshchevnikov, 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)

B. Hristov, Dr. Ing., Professor (University of Applied Sciences, Berlin, Germany)

A. Celani (Polytechnic University of Milan, Milan, Italy)

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

Yu. N. Shebeko, 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)

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

R. C. Shouse, Ph. D. (Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania,
United States)

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

А. В. ИВАНОВ, канд. техн. наук, доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149; e-mail: spark002@mail.ru)

А. А. МИФТАХУТДИНОВА, адъюнкт кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149; e-mail: mif-afto@mail.ru)

Г. К. ИВАХНЮК, д-р хим. наук, профессор, профессор кафедры инженерной защиты окружающей среды, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет) (Россия, 190013, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 26; e-mail: fireside@inbox.ru)

А. В. БАШАРИЧЕВ, канд. техн. наук, доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149; e-mail: kafedra_pbt@mail.ru)

УДК 614.841.4:62

ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ И МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРООПАСНЫМИ ПРОЦЕССАМИ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ЖИДКИМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ В УСЛОВИЯХ СТАБИЛИЗАЦИИ НАНОСТРУКТУР

Установлено увеличение значений коэффициента поверхностного натяжения модифицированных жидких углеводородов (ЖУВ) в условиях воздействия переменного электрического поля в среднем на 10–30 % в сравнении с контрольными образцами. Показано, что при воздействии переменного электрического поля происходит снижение интенсивности испарения с открытой поверхности наножидкостей на 20–40 % в сравнении с контрольными образцами. Установлено снижение диэлектрической проницаемости наножидкостей в условиях стабилизации углеродных наноструктур (УНС) в среднем на 20–30 % в сравнении с контрольными образцами. Наблюдалось уменьшение напряженности электрического поля (на 20 %), генерируемого при гомогенизации в среде ЖУВ. Показано, что при электрофизическом воздействии рост удельного объемного электрического сопротивления снижается на 10–20 % в сравнении с контрольными образцами. Методом атомно-силовой микроскопии выявлено, что размеры агломератов УНС уменьшаются на 40 % в сравнении с наножидкостями без применения дополнительных методов стабилизации УНС. Представлены физико-технологические принципы управления наноструктурами, основанные на процессах стабилизации параметров УНС в жидких углеводородах. Предложена методика управления пожароопасными процессами при обращении с ЖУВ.

Ключевые слова: легковоспламеняющиеся жидкости; горючие жидкости; переменный частотно-модулированный потенциал; парообразование; электризация; технологическая реализация.

DOI: 10.18322/PVB.2018.27.12.7-18

Введение

Жидкие углеводороды (ЖУВ), обращающиеся в технологических процессах, являются важным фактором возникновения взрывопожароопасных ситуаций на предприятии. Согласно ГОСТ Р 12.3.047–2012 физико-химические свойства пожароопасных жидкостей определяют пожаровзрывоопасные свойства технологического процесса, поскольку характеризуют их способность к возникновению и распространению горения [1].

Проведен ряд исследований, отражающих возможность применения углеродных наноструктур

(УНС) в качестве присадок в целях снижения пожарной опасности процессов хранения, транспортировки и перекачки легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих (ГЖ) жидкостей [2, 3]. Преимущество технологии применения УНС — это возможность реверсивного изменения свойств модифицированных жидкостей для их использования.

К недостаткам данного метода относится изменение свойств наножидкостей на незначительное время, что обусловлено агломерацией наночастиц в объеме жидкости и их дальнейшей седиментацией. Возникает необходимость в использовании

дополнительных методов стабилизации наножидкостей. В [4] определены условия стабилизации наноструктур путем электрофизического воздействия переменного частотно-модулированного потенциала (ПЧМП) на границе раздела фаз *жидкость – пар* применительно к этанолу. Показано, что скорость образования пожароопасных концентраций снижается при повышении стабильности наножидкостей с многослойными углеродными нанотрубками (MWCNT), что достигается путем воздействия переменного электрического поля, создаваемого ПЧМП [5]. При возрастании концентраций наноструктур снижение удельного объемного электрического сопротивления (УОЭС) достигает порядка 50 %. Время стабилизации значений УОЭС составляет в среднем 2 ч, а при электрофизическом воздействии — 3–3,5 ч, что связано с более медленным процессом образования агломераций наноструктур.

Характер транспортных характеристик УНС, входящих в состав наножидкостей, определяется броуновским (тепловым) движением, фонновым и баллистическим механизмами [6]. Процессы парообразования в наножидкостях моделируются с использованием пи-теоремы с введением поправочного коэффициента A [7]:

$$A = f(r, \sigma, \mu, k, \varphi, \rho, C, \chi), \quad (1)$$

где r — средний размер наночастиц, нм;
 σ — поверхностное натяжение, Н/м;
 μ — динамическая вязкость, Па·с;
 k — коэффициент диффузии;
 φ — концентрация паров жидкости, %;
 ρ — плотность паров жидкости, кг/м³;
 C — коэффициент, характеризующий процесс испарения;
 χ — соотношение размеров наночастиц.

Процессы электризации при обращении с ЖУВ, являющимися диэлектриками, определяются электрофизическими свойствами, такими как диэлектрическая проницаемость и удельное объемное электрическое сопротивление [8], а также параметрами наночастиц.

В [2] определены факторы, влияющие на процессы парообразования в легковоспламеняющихся жидкостях, модифицированных нанокomпонентами. К ним относятся размеры УНС, расстояние между наночастицами, удельная площадь поверхности и др.

В [3] приведены факторы, способствующие снижению электризации наножидкостей на основе ЖУВ. К ним относятся: плотность базовой жидкости, поверхностное натяжение наножидкости, добротность наноструктур, электропроводность наножидкости, напряженность внешнего электрического поля, генерируемого ПЧМП.

Целью настоящей работы являлось обоснование физико-технологических принципов процесса стабилизации наноструктур. В ходе исследования рассматривались закономерности процессов парообразования и электризации пожароопасных жидкостей с УНС при воздействии переменного электрического поля. На основании полученных результатов дано описание процесса стабилизации УНС в ЖУВ и предложена методика управления пожароопасными технологическими процессами, в которых обращаются ЛВЖ и ГЖ, в условиях возможных аварийных ситуаций.

Материалы и методы исследований

В качестве объектов исследования были выбраны наножидкости, в состав которых входили MWCNT, полученные методом каталитического пиролиза на установке “CVDomna” [9]. В качестве базовых жидкостей использовались: ацетон (ГОСТ 2768–84), этанол (ГОСТ 18300–87) и о-ксилол (ГОСТ 9410–78). Сводные данные по свойствам углеродных наноструктур, содержащих MWCNT, приведены в табл. 1.

Наножидкости подготовлены путем реагентной модификации углеродных наноструктур, содержащих MWCNT, в базовых жидкостях (с концентрацией 0,5 и 1,0 % масс.) при воздействии источника ультразвука с частотой 100 кГц в течение 1 ч при температуре 40 °С. Ряд образцов подвергался электрофизическому воздействию — переменному электрическому полю, создаваемому генератором ПЧМП с параметрами $U = 50 \div 120$ В, $f = 50$ Гц [6].

В исследовании использовались следующие методы: изучение процесса истечения наножидкостей из малых отверстий [10]; измерения интенсивности испарения наножидкостей с открытой поверхности [4]; измерения диэлектрической проницаемости резонансным методом [11]; измерения напряженности электрического поля при гомогенизации наножидкости [3]; измерения удельной объемной электрической проводимости наножидкостей по ГОСТ ISO 6297–2015; исследование топологии твердого остатка УНС в наножидкости методом атомно-силовой микроскопии [12].

Таблица 1. Свойства MWCNT
Table 1. Properties of the MWCNT

№ п/п No.	Свойство MWCNT MWCNT property	Значение Value
1	Диаметр, нм / Diameter, nm	30–50
2	Длина, нм / Length, nm	80–150
3	Добротность наночастиц / Merit nanoparticles	0,86–0,92
4	Удельная площадь поверхности наночастиц, м ² /г / Specific surface area nanoparticles, m ² /g	800–1200

Экспериментальная часть

Исследование процесса истечения наножидкостей из малых отверстий

Наблюдалось увеличение коэффициента поверхностного натяжения наножидкостей с ростом концентрации MWCNT по сравнению с базовыми жидкостями, которое для наножидкостей на основе ацетона составляет 15–20 %, этанола — 10–20 %, о-ксилола — 10–20 %. В условиях электрофизического воздействия коэффициент поверхностного натяжения для наножидкостей по сравнению с наножидкостями, подготовленными без дополнительных способов стабилизации, увеличивается: на основе ацетона — на 20–30 %, этанола — на 10–20 %, о-ксилола — на 10–20 % (рис. 1).

Исследование интенсивности испарения наножидкостей с открытой поверхности

Результаты исследования отражают снижение интенсивности испарения наножидкостей в течение 2–3 ч с ростом концентрации MWCNT по сравнению с базовыми жидкостями: на основе ацетона — на 20–30 %, этанола — на 10–20 %, о-ксилола — на 20–40 %. В условиях стабилизации УНС снижение интенсивности испарения сохраняется в течение 5–6 ч по сравнению с нестабилизированными наножидкостями и составляет: для наножидкостей на основе ацетона 20–30 %, этанола — 20–30 %, о-ксилола — 30–40 %.

На рис. 2 представлены данные по относительному изменению значений интенсивности испарения $K_{W_{\text{исп}}}$ (кг/(с·м²)) при реагентной и безреагентной стабилизации наноструктур:

$$K_{W_{\text{исп}}} = W_{\text{исп.н}} / W_{\text{исп.к}}, \quad (2)$$

где $W_{\text{исп.н}}$, $W_{\text{исп.к}}$ — интенсивность испарения соответственно наножидкости и контрольного образца, кг/(с·м²).

Исследование диэлектрической проницаемости наножидкостей

Для наножидкостей без применения дополнительных способов стабилизации наблюдается снижение диэлектрической проницаемости по сравнению с базовыми жидкостями на основе ацетона на 10–20 %, этанола — на 20–30 %, о-ксилола — на 5–20 %. При электрофизической стабилизации снижение диэлектрической проницаемости составляет: на основе ацетона — 20–30 %, этанола — 20–30 %, о-ксилола — 10–20 % (рис. 3, а–3, в).

Исследование удельной объемной электрической проводимости наножидкостей

В табл. 2 представлены данные по относительному изменению значений УОЭС K_{ρ_v} (K_{ρ_v} — коэф-

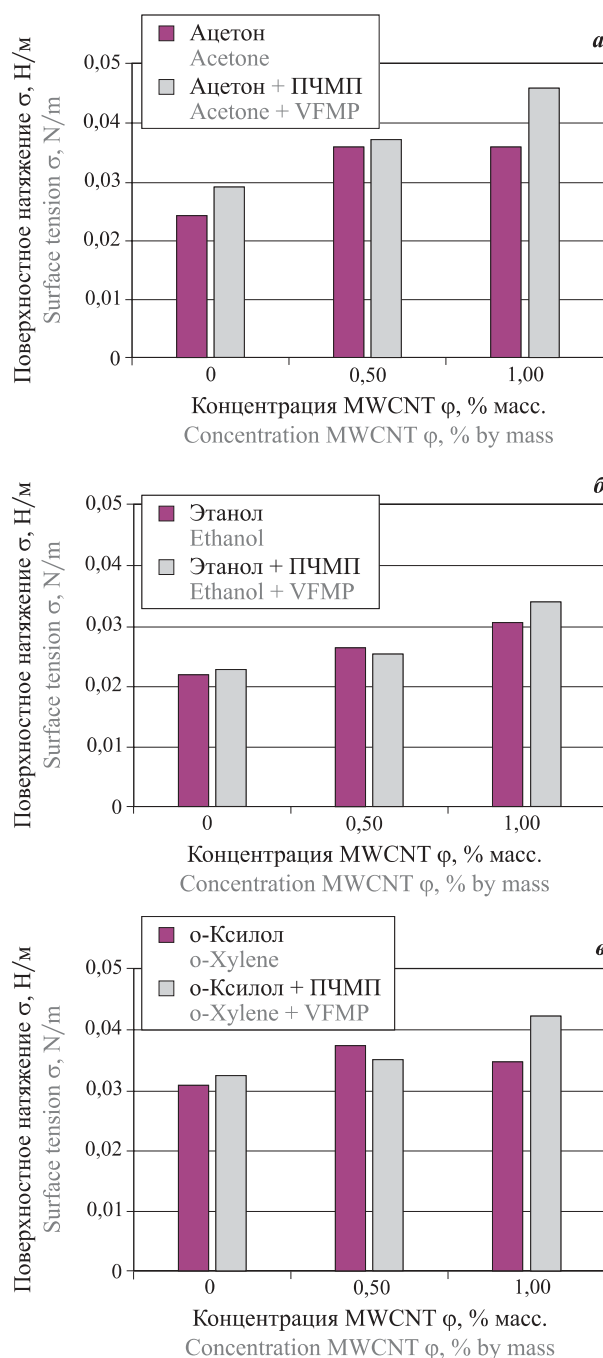


Рис. 1. Зависимость коэффициента поверхностного натяжения наножидкостей на основе ацетона (а), этанола (б) и о-ксилола (в) от концентрации MWCNT без дополнительных способов стабилизации и в условиях электрофизического воздействия

Fig. 1. The dependence of the surface tension coefficient of nano-fluids based on acetone (a), ethanol (b) and o-xylene (c) on the concentration of MWCNT without additional methods of stabilization and under electrophysical conditions

фициент модификации ЖУВ УНС) при реагентной и безреагентной стабилизации наноструктур:

$$K_{\rho_v} = \rho_k / \rho_n, \quad (3)$$

где ρ_n , ρ_k — измеренное значение УОЭС соответственно наножидкости и контрольного образца, Ом.

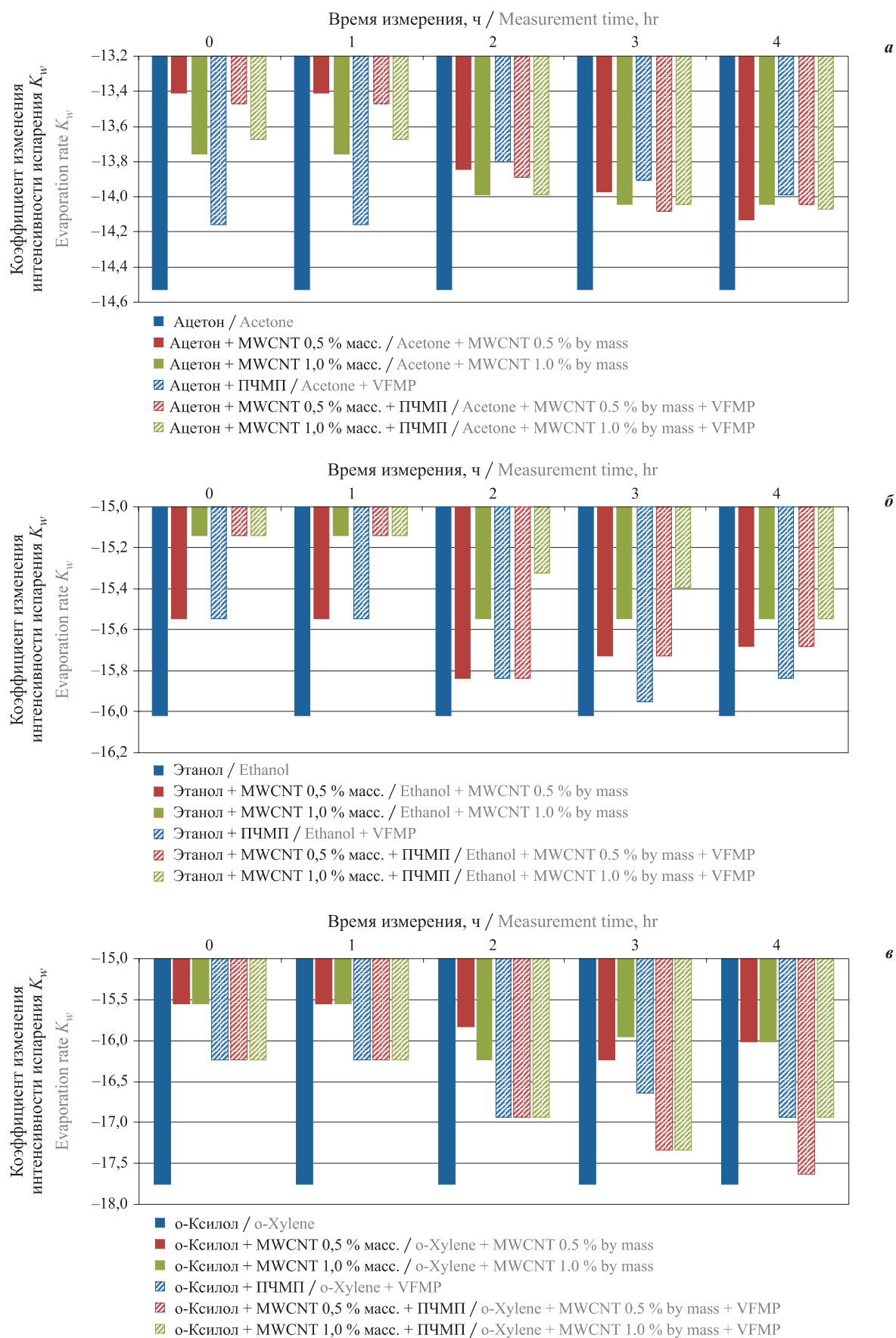


Рис. 2. Зависимость интенсивности испарения наножидкостей на основе ацетона (а), этанола (б) и о-ксилола (в) от стабильности наноструктур MWCNT

Fig. 2. Dependence of the evaporation rate on the stability of MWCNT nanostructure acetone (a), ethanol (b) and o-xylene (v)

Без воздействия ПЧМП снижение УОЭС до значений базовой жидкости наблюдается в течение 1,5–2 ч и составляет для наножидкостей на основе ацетона 50–60 %, этанола — 30–40 %, о-ксилола — 15–20 %. Результаты измерения УОЭС стабилизированных наножидкостей отражают увеличение времени роста значений на 10–15 %.

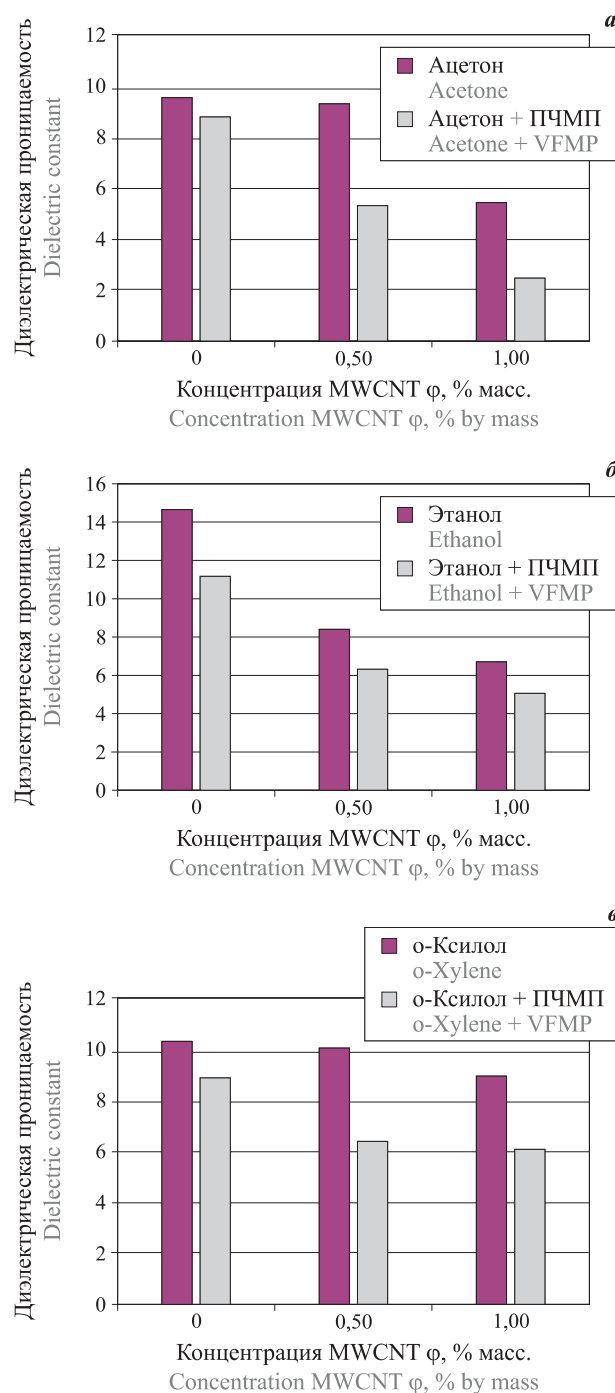


Рис. 3. Зависимость диэлектрической проницаемости наножидкостей на основе ацетона (а), этанола (б) и о-ксилола (в) от концентрации MWCNT в условиях стабилизации УНС

Fig. 3. Dependence of the dielectric constant of nanofluids based on acetone (a), ethanol (b) and o-xylene (v) on the concentration of MWCNT under conditions of stabilization of the CNS

Исследование процесса электризации наножидкостей при гомогенизации

Снижение напряженности электрического поля наножидкостей, подготовленных путем реагентной модификации, на основе ацетона, этанола и о-ксилола составляет соответственно 70, 60 и 80 % (рис. 4). Снижение напряженности электрического поля для

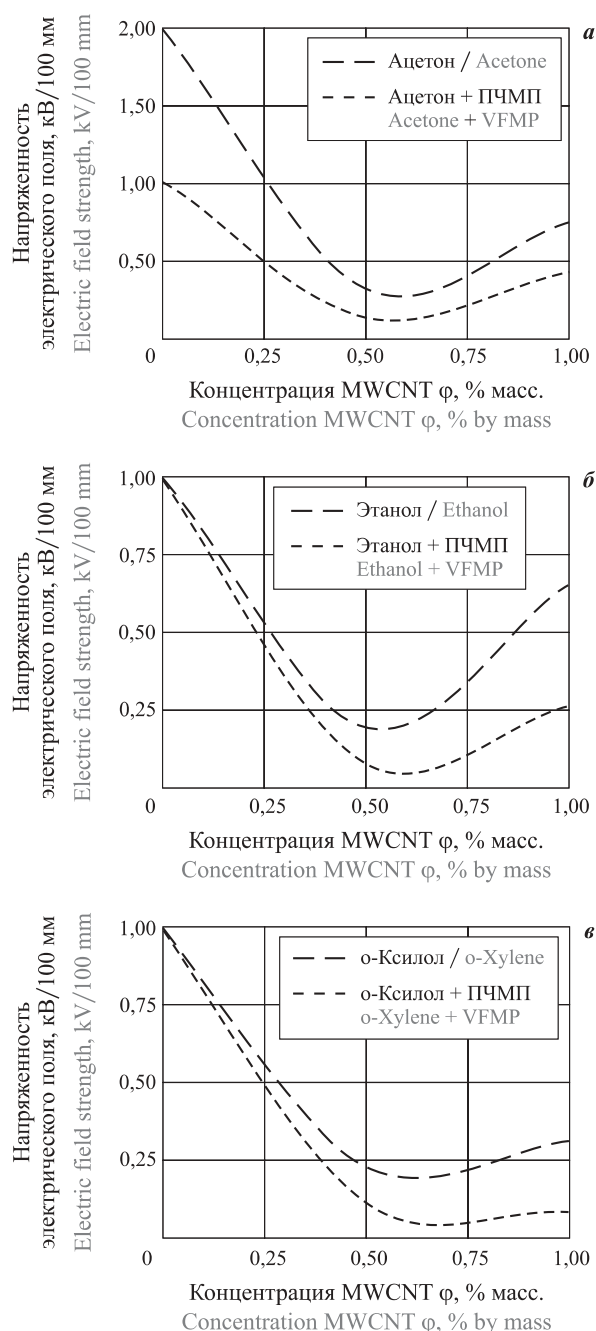


Рис. 4. Зависимость напряженности электрического поля при гомогенизации наножидкостей на основе ацетона (а), этанола (б) и о-ксилола (в) от концентрации наночастиц и способа модификации

Fig. 4. Dependence of the electric field strength during the homogenization of nanofluids based on acetone (a), ethanol (b) and o-xylene (v) on the concentration of nanoparticles and method of modification

Таблица 2. Относительное изменение УОЭС при реагентной и безреагентной стабилизации наноструктур
Table 2. Relative change in specific volume electrical resistance during reagent and non-reagent stabilization of nanostructures

Вещество Substance	Время измерения, ч Measurement time, hr	Безреагентная модификация + ПЧМП ($U = 56 \text{ В}$, $f = 50 \text{ Гц}$)	Реагентная модификация MWCNT Reagent modification MWCNT		Реагентная модификация + ПЧМП ($U = 56 \text{ В}$, $f = 50 \text{ Гц}$) MWCNT Reagent modification + VFMP ($U = 56 \text{ В}$, $f = 50 \text{ Гц}$) MWCNT	
		Non-reagent modification + VFMP ($U = 56 \text{ В}$, $f = 50 \text{ Гц}$)	0,5 % масс. 0.5 % by mass	1,0 % масс. 1.0 % by mass	0,5 % масс. 0.5 % by mass	1,0 % масс. 1.0 % by mass
Ацетон Acetone	0	0,58	0,33	0,33	0,33	0,33
	1	0,76	0,58	0,73	0,52	0,70
	2	1,00	1,00	0,88	0,85	0,85
	3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Этанол Ethanol	0	0,69	0,53	0,53	0,53	0,53
	1	0,78	0,75	0,86	0,68	0,71
	2	0,98	0,98	0,98	0,85	0,80
	3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
о-Ксилол o-Xylene	0	0,83	0,81	0,81	0,79	0,81
	1	0,96	0,83	0,83	0,83	0,88
	2	1,00	0,96	0,92	0,90	0,94
	3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

наножидкостей, подготовленных в условиях реагентной модификации и при воздействии ПЧМП, составляет для наножидкостей на основе ацетона 80 %, этанола — 80 %, о-ксилола — 90 %.

Исследование топологии твердого остатка углеродных наноструктур в наножидкостях

Результаты исследования топологии агломераций УНС в наножидкостях, которые подвергались электрофизическому воздействию, отражают замедление процесса роста размеров агломераций наноструктур в наножидкостях на основе: ацетона — на 20–30 %, этанола — на 40–60 %, о-ксилола — на 60–70 %. Это, очевидно, отражает процесс стабилизации расстояний между наночастицами в течение 4 ч (рис. 5), тогда как при реагентной модификации без воздействия ПЧМП увеличение роста агломератов наступает через 1,5–2,0 ч после приготовления наножидкости.

Обсуждение результатов исследований

Физико-технологические принципы управления пожароопасными процессами при обращении с жидкими углеводородами в условиях стабилизации наноструктур

Увеличение поверхностного натяжения наножидкостей в сравнении с базовыми жидкостями обусловлено действием сил ван-дер-ваальсового взаимодействия между наноструктурами MWCNT [13].

Данный эффект объясняется тем, что сила взаимодействия между наночастицами на границе раздела фаз *жидкость – твердое вещество* увеличивает поверхностную свободную энергию, что приводит к повышению поверхностного натяжения. Энергию ван-дер-ваальсового взаимодействия U (кДж/моль) можно выразить в общем виде как [14]:

$$U = -A/l^6, \quad (4)$$

где l — расстояние между взаимодействующими молекулами, нм.

Иными словами, увеличение расстояний между наночастицами, неизбежное при их агломерации, приводит к значительному ослаблению взаимодействия между ними и, как следствие, к нестабильности наножидкостей [13, 15].

При определенной топологии наночастиц резко увеличивается электрический резонанс электромагнитного поля на поверхности наночастиц, что влечет за собой возникновение новых надмолекулярных структур, которые являются механизмом наномодификации жидкостей [16].

Снижение интенсивности испарения наножидкостей в условиях воздействия ПЧМП объясняется сравнительно более медленным процессом образования агломераций наночастиц и увеличением расстояний между наноструктурами. При воздействии переменных электрических полей возможно управление параметрами наножидкостей в целях стабили-

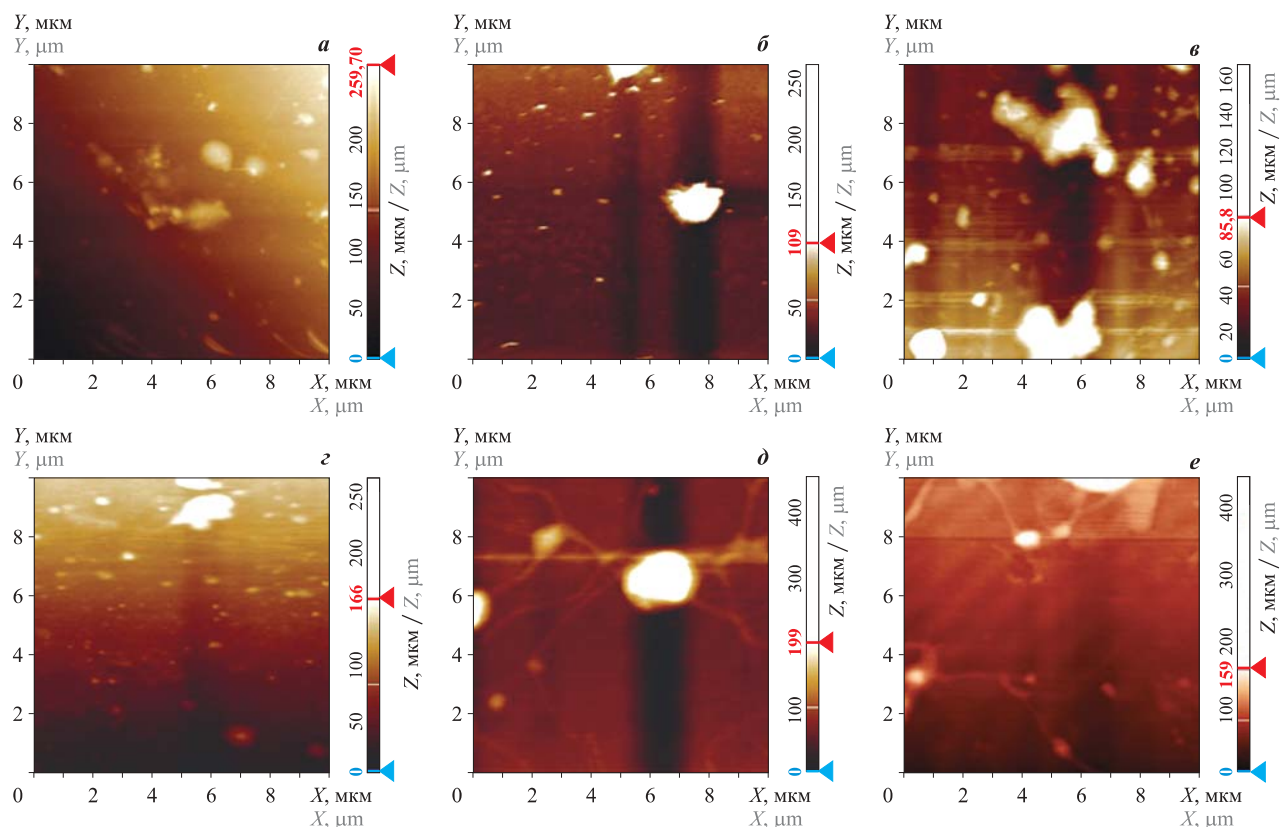


Рис. 5. Топология твердого остатка УНС в наножидкостях спустя 4 ч после подготовки наножидкости на основе: *a* — ацетона; *б* — ацетона + ПЧМП; *в* — этанола; *г* — этанола + ПЧМП; *д* — о-ксилола; *е* — о-ксилола + ПЧМП

Fig. 5. The topology of agglomerations of nanostructures in nanofluids 4 hours after the preparation of nanofluids on the basis of: *a* — acetone; *b* — acetone + VFMP; *v* — ethanol; *g* — ethanol + VFMP; *d* — o-xylene; *e* — o-xylene + VFMP

зации размера агломераций наночастиц и расстояний между ними, изменения электрокинетического потенциала (дзета-потенциала) на границе раздела фаз *жидкость — твердое вещество* [17].

Кинетика накопления электростатических зарядов при обращении ЖУВ характеризуется примесной и катафоретической проводимостью жидкостей [18]. Изменение электрофизических свойств наножидкостей (диэлектрическая проницаемость, напряженность электрического поля, электрическая проводимость) зависит от времени релаксации заряда жидкости, так как локализованные в базовых жидкостях наноструктуры проявляют индуцированную поляризацию. Время релаксации MWCNT в жидких углеводородах τ_r (с) определяется соотношением [19]:

$$\tau_r = \frac{2\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2\sigma_1 + \sigma_2}, \quad (5)$$

где ε_1 , ε_2 — диэлектрическая проницаемость соответственно базовой жидкости и наноструктур;
 σ_1 , σ_2 — электропроводность соответственно базовой жидкости и наноструктур, См/м.

Существенное снижение диэлектрической проницаемости наножидкостей в сравнении с базовыми жидкостями обусловлено тем, что углеродные

наночастицы локализуют значительное количество свободных зарядов в базовых жидкостях [20]. При воздействии переменного электрического поля происходит поляризация и выстраивание молекул и наночастиц вдоль силовых линий и изменение дзета-потенциала [17]. Тем самым стабилизируются значения УОЭС, образование агломератов замедляется и стабилизируется расстояние между наночастицами, что обуславливает снижение напряженности электрического поля при гомогенизации, перекачке и пневматическом распылении наножидкостей.

Полученные результаты позволяют разработать *методику управления пожароопасными процессами при обращении с жидкими углеводородами в условиях стабилизации углеродных наноструктур.*

Разработка технических решений для обеспечения пожарной безопасности процессов, связанных с обращением жидких углеводородов, путем стабилизации наноструктур основывается на управлении пожароопасными свойствами обращающихся ЖУВ для оперативного предотвращения проявлений возможных пожаровзрывоопасных ситуаций в технологическом процессе. Функциональная блок-схема [20] предложенной методики управления пожароопасными процессами при обращении с жидкими

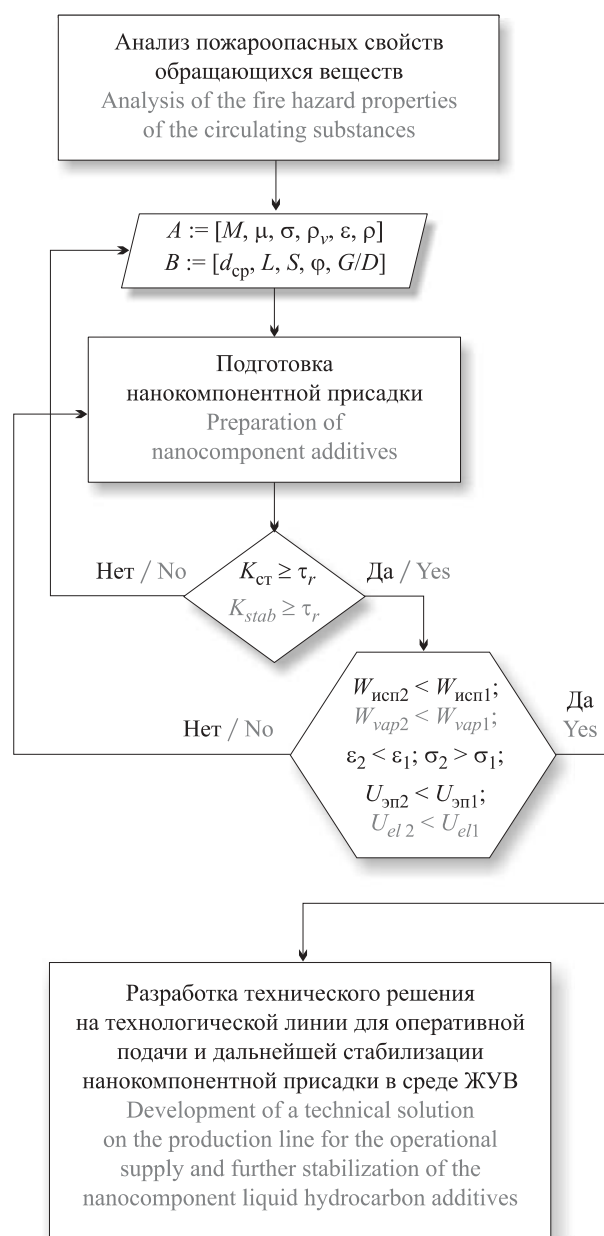


Рис. 6. Функциональная блок-схема управления пожароопасными процессами при обращении с жидкими углеводородами в условиях стабилизации углеродных наноструктур
Fig. 6. Functional diagram for controlling fire-hazardous processes when handling liquid hydrocarbons under conditions of stabilization of carbon nanostructures

углеводородами в условиях стабилизации углеродных наноструктур представлена на рис. 6.

Подготовка нанокомпонентной присадки на основе обращающихся в технологическом процессе ЖУВ осуществляется на основании анализа номенклатурных данных и особенностей пожарной опасности технологического участка с обращением ЖУВ и пожароопасных свойств обращающихся веществ. Свойства ЖУВ, такие как молярная масса M , динамическая вязкость μ , поверхностное натяжение σ , удельное объемное электрическое сопротивление ρ_v ,

диэлектрическая проницаемость ε и плотность ρ , являются решающими факторами, влияющими на снижение пожароопасности процессов, связанных с обращением легковоспламеняющихся и горючих жидкостей [3].

При подготовке наножидкости производится выбор УНС с определенными параметрами: средним размером $d_{ср}$, номинальным расстоянием между наноструктурами в среде рассматриваемых ЖУВ L , удельной площадью поверхности S , концентрацией ϕ и добротностью G/D .

Метод и способ подготовки (приготовления) наножидкостей во многом определяют их стабильность в среде ЖУВ и сохранение улучшенных физико-химических свойств модифицированных жидкостей. Следовательно, необходимо определить метод и способ подготовки составов наножидкостей на основе ЖУВ. Для увеличения времени стабильности наноструктур, входящих в состав нанокомпонентной присадки, в среде ЖУВ следует определить метод и способ стабилизации УНС, при котором должно выполняться условие

$$K_{ст} \geq \tau_r, \quad (6)$$

где $K_{ст}$ — стабильность УНС, с;
 τ_r — время релаксации УНС в ЖУВ, с.

В случае невыполнения данного условия следует пересмотреть применяемые УНС исходя из их параметров, поскольку применение некоторых вспомогательных веществ и материалов для улучшения данных параметров УНС может привести к ухудшению свойств базовых жидкостей.

Для определения оптимальных параметров при выборе метода и способа подготовки нанокомпонентной присадки необходимо проанализировать их влияние на изменение пожароопасных свойств в среде ЖУВ. При определении влияния вклада нанокомпонентной присадки должны выполняться условия, при выполнении которых может быть обеспечена пожарная безопасность процессов с обращением ЖУВ:

$$W_{исп2} < W_{исп1}; \quad (7)$$

$$\varepsilon_2 < \varepsilon_1; \quad (8)$$

$$U_{эп2} < U_{эп1}; \quad (9)$$

$$\sigma_2 > \sigma_1, \quad (10)$$

где $W_{исп2}$, $W_{исп1}$ — интенсивность испарения соответственно нанокомпонентной присадки и ЖУВ, кг/(м²·с);

ε_2 , ε_1 — диэлектрическая проницаемость соответственно нанокомпонентной присадки и ЖУВ;
 $U_{эп2}$, $U_{эп1}$ — напряженность электрического поля соответственно нанокомпонентной присадки и ЖУВ при гомогенизации, кВ/100 мм;

σ_2 , σ_1 — коэффициент поверхностного натяжения соответственно нанокomпонентной присадки и ЖУВ, Н/м.

В случае невыполнения данных условий следует пересмотреть метод и способ подготовки наножидкостей.

При выполнении условий по выбору применяемых УНС, подготовке нанокomпонентных составов на основе обращающихся ЖУВ и выборе параметров метода (способа) стабилизации УНС в среде ЖУВ определяется техническое решение на технологической линии в целях оперативной подачи и дальнейшей стабилизации полученной нанокomпонентной присадки при возникновении пожароопасной ситуации.

Выводы

Управление пожароопасными процессами в условиях аварийных ситуаций, связанных с разлитием и образованием взрывопожароопасных концентраций легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, а также с опасным проявлением статического электричества, возникающим при обращении с нефтепродуктами, возможно путем оперативного вве-

дения нанокomпонентных присадок (УНС), стабилизированных в условиях электрофизического воздействия.

Механизм управления процессами парообразования и электризации ЖУВ основан на локализации свободных зарядов в жидкости, выстраивании УНС вдоль силовых линий внешнего электрического поля, а также на изменении электрокинетического потенциала на границе раздела фаз *жидкость – твердое вещество*.

Полученные зависимости коэффициента поверхностного натяжения от концентрации УНС в условиях электрофизического воздействия, интенсивности испарения от стабильности наноструктур, напряженности электрического поля при гомогенизации наножидкостей от концентрации УНС и способа модификации, а также разработанные условия стабилизации позволяют разработать методику управления пожароопасными процессами при обращении с ЖУВ для предотвращения последствий аварийных разливов ЖУВ и снижения электризации при хранении, гомогенизации, перекачке и транспортировке нефтепродуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nolan D. P. Handbook of fire and explosion protection engineering principles for oil, gas, chemical and related facilities. — 2nd ed. — Elsevier Inc., 2011. — 340 p. DOI: 10.1016/B978-1-4377-7857-1.00039-2.
2. Иванов А. В., Ивахнюк Г. К., Медведева Л. В. Методы управления свойствами углеводородных жидкостей в задачах обеспечения пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2016. — Т. 25, № 9. — С. 30–37. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.09.30-37.
3. Иванов А. В., Сорокин А. Ю., Ивахнюк Г. К., Демехин Ф. В. Управление электростатическими свойствами жидких углеводородов, модифицированных углеродными наноструктурами // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2017. — Т. 26, № 7. — С. 16–27. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.07.16-27.
4. Иванов А. В., Мифтахутдинова А. А., Нефедьев С. А., Симонова М. А., Маслаков М. Д. Условия стабилизации наноструктур для безопасной транспортировки легковоспламеняющихся жидкостей // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2017. — Т. 26, № 9. — С. 35–43. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.09.35-43.
5. Пат. 2479005 Российская Федерация. МПК G05B 24/02 (2006. 01), H03B 28/00 (2006. 01). Способ и устройство управления физико-химическими процессами в веществе и на границе раздела фаз / Ивахнюк Г. К., Матюхин В. Н., Ключков В. А., Шевченко А. О., Князев А. С., Ивахнюк К. Г., Иванов А. В., Родионов В. А. — № 2011118347/08; заявл. 21.01.2010; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 10.
6. Wang J.-S., Wang J., Lü J. T. Quantum thermal transport in nanostructures // The European Physical Journal B. — 2008. -Vol. 62, Issue 4. — P. 381–404. DOI: 10.1140/epjb/e2008-00195-8.
7. Wen D., Ding Y. Formulation of nanofluids for natural convective heat transfer applications // International Journal of Heat and Fluid Flow. — 2005. — Vol. 26, No. 6. — P. 855–864. DOI: 10.1016/j.ijheat-fluidflow.2005.10.005.
8. Верёвкин В. Н. Стандарты и нормы электростатической искробезопасности (ЭСИБ) // Энергобезопасность и энергосбережение. — 2008. — № 4. — С. 41–48.
9. Shah N., Panjala D., Huffman G. P. Hydrogen production by catalytic decomposition of methane // Energy & Fuels. — 2001. — Vol. 15, No. 6. — P. 1528–1534. DOI: 10.1021/ef0101964.
10. Modak M., Sharma A. K., Sahu S. K. An experimental investigation on heat transfer enhancement in circular jet impingement on hot surfaces by using Al₂O₃/water nano-fluids and aqueous high-alcohol surfactant solution // Experimental Heat Transfer. — 2018. — Vol. 31, No. 4. — P. 275–296. DOI: 10.1080/08916152.2017.1381655.

11. *Hippel von A. R.* Dielectrics and waves. — NY : John Wiley and Sons, 1954. — 439 p.
12. *Deng H., Ma M., Song Y., He Q., Zheng Q.* Structural superlubricity in graphite flakes assembled under ambient conditions // *Nanoscale*. — 2018. — Vol. 10, No. 29. — P. 14314–14320. DOI: 10.1039/c7nr09628c.
13. *Tanvir S., Qiao L.* Surface tension of nanofluid-type fuels containing suspended nanomaterials // *Nanoscale Research Letters*. — 2012. — Vol. 7, Issue 1. — P. 226. DOI: 10.1186/1556-276X-7-226.
14. *Дзялошинский И. Е., Лифшиц Е. М., Питаевский Л. П.* Общая теория Ван-дер-Ваальсовых сил // *Успехи физических наук*. — 1961. — Т. 73, № 3. — С. 381–422. DOI: 10.3367/ufnr.0073.196103b.0381.
15. *Yu W., Xie H.* A review on nanofluids: preparation, stability mechanisms, and applications // *Journal of Nanomaterials*. — 2012. — 17 p. DOI: 10.1155/2012/435873.
16. *Пономарев А. Н., Юдович М. Е., Груздев М. В., Юдович В. М.* Неметаллическая наночастица во внешнем электромагнитном поле. Топологические факторы взаимодействия мезоструктур // *Вопросы материаловедения*. — 2009. — № 4(60). — С. 59–64.
17. *Mukherjee S., Paria S.* Preparation and stability of nanofluids — A review // *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*. — 2013. — Vol. 9, No. 2. — P. 63–69. DOI: 10.9790/1684-0926369.
18. *Ghadimi A., Saidur R., Metselaar H. S. C.* A review of nanofluid stability properties and characterization in stationary conditions // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. — 2011. — Vol. 54, No. 17-18. — P. 4051–4068. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2011.04.014.
19. *Bhunia M. M., Panigrahi K., Das S., Chattopadhyay K. K., Chattopadhyay P.* Amorphous graphene — Transformer oil nanofluids with superior thermal and insulating properties // *Carbon*. — 2018. — Vol. 139. — P. 1010–1019. DOI: 10.1016/j.carbon.2018.08.012.
20. *Nor Azwadi Che Sidik, Muhammad Mahmud Jamil, Wan Mohd Arif Aziz Japar, Isa Muhammad Adamu.* A review on preparation methods, stability and applications of hybrid nanofluids // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. — 2017. — Vol. 80. — P. 1112–1122. DOI: 10.1016/j.rser.2017.05.221.

Материал поступил в редакцию 13 октября 2018 г.

Для цитирования: *Иванов А. В., Мифтахутдинова А. А., Ивахнюк Г. К., Башаричев А. В.* Физико-технологические принципы и методика управления пожароопасными процессами при обращении с жидкими углеводородами в условиях стабилизации наноструктур // *Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety*. — 2018. — Т. 27, № 12. — С. 7–18. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.12.7-18.

English

PHYSICAL AND TECHNOLOGICAL PRINCIPLES AND METHODOLOGY FOR THE MANAGEMENT OF FIRE PROTECTION PROCESSES WHEN TREATING LIQUID HYDROCARBON IN THE CONDITIONS OF STABILIZATION OF NANOSTRUCTURES

A. V. IVANOV, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Fire Safety of Technological Processes and Production, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation; e-mail: spark002@mail.ru)

A. A. MIFTAKHUTDINOVA, Adjunct of Department of Fire Safety of Technological Processes and Production, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation; e-mail: mif-afto@mail.ru)

G. K. IVAKHNYUK, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Professor of Department of Engineering Protection of Environment, Saint Petersburg State Technology Institute (Technical University) (Moskovskiy Avenue, 26, Saint Petersburg, 190013, Russian Federation; e-mail: fireside@inbox.ru)

A. V. BASHARICHEV, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Fire Safety of Technological Processes and Production, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation; e-mail: kafedra_pbtp@mail.ru)

ABSTRACT

Introduction. The emergence of a fire and explosion situation at the enterprise is due to the peculiarities of the physicochemical properties of the circulating substances, materials and products. To reduce the fire hazard of processes associated with the circulation of liquid hydrocarbons, a technique has been developed to control fire-hazardous processes under conditions of stabilization of carbon nanostructures.

Results and discussion. It has been established that with the introduction of carbon nanostructures (CNS) under the conditions of electrophysical influence, the surface tension coefficient increases by 10–30 %. This effect is associated with an increase in the strength of the van der Waals interaction between agglomerates of nanostructures.

A decrease in the intensity of evaporation of modified liquid hydrocarbons from the open surface by 20–40 % under the influence of an alternating electric field was observed, which is caused by the preservation of the parameters of the CNS in the medium of liquid hydrocarbons.

According to the results of the study of the electrophysical properties of nanofluids obtained under conditions of stabilization of CNS, it was found that the dielectric constant decreases by 20–30 %, which is caused by a decrease in the number of free charges in liquid hydrocarbons during polarization of CNS. The values of the growth time of the values of specific volume electrical resistance increase by 10–20 %, and the values of the electric field strength during homogenization decrease on average by 20 % in comparison with nanofluids that are not subjected to electrophysical effects.

The results of the study of the topology of agglomerations of the CNS in nanofluids under stabilization conditions reflect a decrease in the growth of agglomerations of nanostructures by an average of 40 %, which indicates that the distances between nanoparticles remain unchanged compared to nanofluids prepared without additional methods for stabilizing the CNS.

Conclusion. Physical and technological principles of control of fire-hazardous processes based on the mechanism of stabilizing the parameters of the CNS under the influence of an alternating electric field are formulated. Based on the physico-technological principles, a method for controlling fire-hazardous processes when handling liquid hydrocarbons using nanocomponent additives and further stabilizing CNS containing multi-layered carbon nanotubes (MWCNT) has been developed, which allows reducing the intensity of vaporization and electrification processes when handling liquid hydrocarbons to quickly prevent manifestations possible fire and explosion situations in the process.

Keywords: flammable liquids; combustible liquids; variable frequency-modulated potential; vaporization; electrification; technological implementation.

REFERENCES

1. D. P. Nolan. *Handbook of fire and explosion protection engineering principles for oil, gas, chemical and related facilities*. 2nd ed. Elsevier Inc., 2011. 340 p. DOI: 10.1016/B978-1-4377-7857-1.00039-2.
2. A. V. Ivanov, G. K. Ivakhnyuk, L. V. Medvedeva. Methods of control properties of hydrocarbon liquids in the problems of fire safety. *Pozharovzryvbezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 9, pp. 30–37 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2016.25.09.30-37.
3. A. V. Ivanov, A. Yu. Sorokin, G. K. Ivakhnyuk, F. V. Demekhin. Management of electrostatic properties hydrocarbon liquids by modification with carbon nanostructures. *Pozharovzryvbezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 7, pp. 16–27 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2017.26.07.16-27.
4. A. V. Ivanov, A. A. Miftakhutdinova, S. A. Nefedev, M. A. Simonova, M. D. Maslakov. Conditions for the stabilization nanostructures for the fireproof transport flammable liquids. *Pozharovzryvbezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 9, pp. 35–43 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2017.26.09.35-43.
5. G. K. Ivakhnjuk, V. N. Matjukhin, V. A. Klachkov, A. O. Shevchenko, A. S. Knjazev, K. G. Ivakhnjuk, A. V. Ivanov, V. A. Rodionov. *Method and apparatus for controlling physical-chemical processes in substance and on a phase boundary*. Patent RU, no. 2479005, publ. date 10.04.2013, bull. no. 10 (in Russian).
6. J.-S. Wang, J. Wang, J. T. Lü. Quantum thermal transport in nanostructures. *The European Physical Journal B*, 2008, vol. 62, issue 4, pp. 381–404. DOI: 10.1140/epjb/e2008-00195-8.

7. D. Wen, Y. Ding. Formulation of nanofluids for natural convective heat transfer applications. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 2005, vol. 26, no. 6, pp. 855–864. DOI: 10.1016/j.ijheatfluidflow.2005.10.005.
8. V. N. Veryovkin. Standards and norms electrostatic spark protection. *Energobezopasnost' i energosberezhenie / Energy Safety and Energy Economy*, 2008, no. 4, pp. 41–48 (in Russian).
9. N. Shah, D. Panjala, G. P. Huffman. Hydrogen production by catalytic decomposition of methane. *Energy & Fuels*, 2001, vol. 15, no. 6, pp. 1528–1534. DOI: 10.1021/ef0101964.
10. M. Modak, A. K. Sharma, S. K. Sahu. An experimental investigation on heat transfer enhancement in circular jet impingement on hot surfaces by using Al_2O_3 /water nano-fluids and aqueous high-alcohol surfactant solution. *Experimental Heat Transfer*, 2018, vol. 31, no. 4, pp. 275–296. DOI: 10.1080/08916152.2017.1381655.
11. A. R. von Hippel. *Dielectrics and wave*. NY, John Wiley and Sons, 1954. 439 p.
12. H. Deng, M. Ma, Y. Song, Q. He, Q. Zheng. Structural superlubricity in graphite flakes assembled under ambient conditions. *Nanoscale*, 2018, vol. 10, no. 29, pp. 14314–14320. DOI: 10.1039/c7nr09628c.
13. S. Tanvir, L. Qiao. Surface tension of nanofluid-type fuels containing suspended nanomaterials. *Nano-scale Research Letters*, 2012, vol. 7, issue 1, p. 226. DOI: 10.1186/1556-276X-7-226.
14. I. E. Dzyaloshinskii, E. M. Lifshitz, L. P. Pitaevskii. General theory of van der Waals' forces. *Uspekhi fizicheskikh nauk / Physics-Uspekhi (Advances in Physical Sciences)*, 1961, vol. 73, issue 3, pp. 381–422 (in Russian). DOI: 10.3367/ufnr.0073.196103b.0381.
15. W. Yu, H. Xie. A review on nanofluids: preparation, stability mechanisms, and applications. *Journal of Nanomaterials*, 2012. 17 p. DOI: 10.1155/2012/435873.
16. A. N. Ponomarev, M. E. Yudovitch, M. V. Gruzdev, V. M. Yudovitch. A nonmetallic nanoparticles in a superficial electromagnetic field. Topological factor of mesostructures interference. *Voprosy materialovedeniya / Problems of Materials Science*, 2009, no. 4(60), pp. 59–64 (in Russian).
17. S. Mukherjee, S. Paria. Preparation and stability of nanofluids — A review. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 2013, vol. 9, no. 2, pp. 63–69. DOI: 10.9790/1684-0926369.
18. A. Ghadimi, R. Saidur, H. S. C. Metselaar. A review of nanofluid stability properties and characterization in stationary conditions. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2011, vol. 54, no. 17-18, pp. 4051–4068. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2011.04.014.
19. M. M. Bhunia, K. Panigrahi, S. Das, K. K. Chattopadhyay, P. Chattopadhyay. Amorphous graphene — Transformer oil nanofluids with superior thermal and insulating properties. *Carbon*, 2018, vol. 139, pp. 1010–1019. DOI: 10.1016/j.carbon.2018.08.012.
20. Nor Azwadi Che Sidik, Muhammad Mahmud Jamil, Wan Mohd Arif Aziz Japar, Isa Muhammad Adamu. A review on preparation methods, stability and applications of hybrid nanofluids. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, vol. 80, pp. 1112–1122. DOI: 10.1016/j.rser.2017.05.221.

For citation: A. V. Ivanov, A. A. Miftakhutdinova, G. K. Ivakhnyuk, A. V. Basharichev. Physical and technological principles and methodology for the management of fire protection processes when treating liquid hydrocarbon in the conditions of stabilization of nanostructures. *Pozharovzryvo-bezopasnost' / Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, no. 12, pp. 7–18 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2018.27.12.7-18.

Н. Г. ТОПОЛЬСКИЙ, д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры информационных технологий, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: ntopolskii@mail.ru)

И. В. САМАРИН, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры автоматизации технологических процессов, Российский государственный университет нефти и газа (Национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина (Россия, 119991, г. Москва, Ленинский просп., 65, корп. 1; e-mail: ivs@gubkin.ru)

А. Ю. СТРОГОНОВ, аспирант кафедры автоматизации технологических процессов, Российский государственный университет нефти и газа (Национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина (Россия, 119991, г. Москва, Ленинский просп., 65, корп. 1)

УДК 658.5

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЯМИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ТЭК В СОСТАВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ

Рассмотрен комплексный подход к оценке эффективности управления мероприятиями пожарной безопасности (ПБ) на объектах топливно-энергетического комплекса (ТЭК). Путем формализации процесса получена формула для оценки эффективности управления мероприятиями ПБ. Предложена двумерная сетевая структура, характеризующая процесс оперативного управления ПБ, при построении математической модели оценки качества принятия решений в автоматизированной системе пожаровзрывобезопасности (АСПВБ). Рассмотрена схема данного процесса с учетом ряда ограничений. Показано, что наиболее эффективной организация управления мероприятиями ПБ на объектах ТЭК становится при достаточном уровне обеспечения их дежурных смен личным составом.

Ключевые слова: автоматизация; пожаровзрывобезопасность; автоматизированная система пожаровзрывобезопасности; дежурная смена; критерии подобия; оптимизация; параметры управления; состояние; принятие решений; стратегическое планирование; оперативное управление; показатель эффективности.

DOI: 10.18322/PVB.2018.27.12.19-26

Введение

Оперативное управление мероприятиями пожарной безопасности (ПБ) всегда было приоритетным направлением деятельности дежурных смен на предприятиях нефтеперерабатывающей и газоперерабатывающей отраслей. Согласно статистике они являются причиной “около 48 % выбросов пожаровзрывоопасных веществ в атмосферу” ([1], с. 6), поэтому оперативное управление мероприятиями ПБ для данных объектов топливно-энергетического комплекса (ТЭК) особенно актуально.

Для предотвращения опасных событий, связанных с риском возникновения пожаров и взрывов, на объектах ТЭК предпринимаются различные меры безопасности [2]. Выполнение требований стандартизации в области управления безопасностью и заблаговременное планирование являются эффективными средствами контроля [3]. Задачи обеспечения ПБ на объектах ТЭК достаточно хорошо описаны в

специализированной технической литературе и закреплены в действующей нормативной базе (законах, ГОСТах, СНиПах и т. п.). Тем не менее задачи оперативного управления, связанные с развитием конкретных ситуаций на объектах ТЭК, требуют внимательного и пристального изучения в контексте их развития в каждом отдельном случае. При этом необходимо принимать во внимание большое количество различных ситуативных обстоятельств, каждое из которых является, возможно, параметром, а возможно, и критерием в сложной многокритериальной задаче управления ПБ на объекте ТЭК.

Для решения подобных задач предложено немало эффективных моделей и алгоритмов, каждый из которых позволяет находить ее отдельные частные решения. Однако в новых условиях решение сложных задач оперативного управления ПБ на указанных и иных объектах ТЭК требует более системного и комплексного подхода. В связи с этим для

решения данной сложной задачи необходимо привлекать новые математические модели. Учитывая то обстоятельство, что задача многокритериального управления ПБ на объектах ТЭК должна решаться в рамках конкретных предприятий, целесообразно использовать для такого решения инструментарий стратегического планирования, который позволяет оценивать вклады конкретных мероприятий ПБ (в случае их выполнения или невыполнения по определенным причинам) в общую стратегическую цель такого управления — обеспечение ПБ на объектах ТЭК. Следует отметить, что рассмотренные в работах [4–7] методика, алгоритмы и процедуры стратегического планирования при управлении современным предприятием могут вполне гармонично использоваться для оценки эффективности оперативного управления мероприятиями ПБ на объектах ТЭК.

Из теории управления [8] известно, что одной из главных задач всякого менеджмента (управления, в контуре которого находится человек — лицо, принимающее решения (ЛПР), или группа ЛПР) является организация эффективного оперативного управления объектом управления. Для него регламентированы не только задачи и процедуры, но и время, в течение которого установленные процедуры должны выполняться. Для случая управления ПБ на объектах ТЭК время на принятие решений ЛПР крайне ограничено, поэтому для принятия правильного решения в течение очень короткого промежутка времени ЛПР необходима максимально полная информация об объекте управления [9]. Кроме того, для сокращения объема информации, которую ЛПР должен оценить за короткое время для принятия решения, необходима аналитическая группа, берущая на себя подавляющую часть данной работы, и специальное программное обеспечение (СПО), функционирующее в рамках автоматизированной системы поддержки управления (для предприятий и объектов ТЭК — технологическими процессами (АСУТП)). Для управления ПБ на предприятиях отрасли обычно применяются автоматизированные системы пожаровзрывобезопасности (АСПВБ) [1]. ЛПР в лице руководителя дежурной смены объекта ТЭК является ключевым звеном управления ПБ.

Для сокращения объема информации в АСПВБ, обрабатываемой аналитической группой при оперативном управлении ПБ, применяют различные математические модели [10]. При этом для повышения эффективности управления ПБ информация о событиях, ставших причиной нарушения ПБ на объектах ТЭК, накапливается в АСПВБ в базах данных (БД), которые являются составной частью информационного обеспечения АСПВБ ([1], с. 217).

Залогом успешности достижения общей цели — обеспечения ПБ на объекте ТЭК — является своевременное выполнение регламентированных мероприятий [11]. Вместе с тем в РФ имеется дефицит производственной, технической и научной базы по созданию отечественных средств и приборов по линии обеспечения ПБ, особенно на объектах ТЭК. В последние 20 лет в реальных условиях на них применяются импортные системы контроля, диагностики и обеспечения ПБ, в том числе датчики [12], концентраторы и даже линии связи [13, 14]: например, датчики загазованности Draeger [15], отсечные клапаны Emerson, многокомпонентные анализаторы Modcon. В связи с этим и объекты ТЭК, которые вынуждены функционировать в особых условиях финансово-экономических ограничений, и предприятия, выпускающие для них новую отечественную высокотехнологичную продукцию по линии ПБ, уже не могут в полной мере гарантировать полного выполнения всех регламентированных мероприятий ПБ на территории своих производств. Из-за этого общий уровень обеспечения ПБ снижается. Следовательно, и общее, и оперативное управление ПБ необходимо выстраивать иначе.

Дефицит времени при оперативном управлении и отсутствие возможности выполнения ряда позиций планов мероприятий ПБ заставляют ЛПР руководствоваться личными знаниями, опытом и интуицией [11]. Аналогичным образом действуют и аналитики в его команде. Это означает, что из автоматического режима управления АСПВБ переходит в автоматизированный, человеко-машинный, а решения о состоянии управления ПБ и мероприятиях реагирования принимаются экспертными методами [16].

Основной целью данного исследования является формирование обоснованных подходов к анализу изменения эффективности управления мероприятиями ПБ на объектах ТЭК. В процессе построения модели определен характер параметров управления состоянием ПБ, установлена их зависимость от численности сотрудников состава ЛПР. Выявлены также причины отклонения принимаемых в АСПВБ решений от оптимальных. Для дальнейшей оценки снижения эффективности управления предложена функция показателя эффективности управления ЛПР ПБ. При анализе результатов моделирования рассмотрена зависимость значений данного показателя от введенного обобщенного параметра управления мероприятиями.

Методы исследования

С точки зрения группы наук о восприятии человеком окружающей среды любой человек способен воспринимать лишь ограниченное количество ва-

риантов управленческих решений [17]. Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что люди в состоянии одновременно сопоставить между собой всего лишь (7 ± 2) операндов (объектов, элементов, кластеров, понятий). По каждому из них человек способен зафиксировать примерно (7 ± 2) состояний. Следовательно, ЛПР может гарантированно точно принимать решения, оперируя $7^7 = 0,823543$ млн. вариантов состояний вверенного ему объекта управления ([18], с. 2), причем не всегда осознанно.

Кадровая работа по линии управления на объектах ТЭК поставлена достаточно хорошо, поэтому руководителями соответствующих позиций в АСПВБ на объектах ТЭК и аналитиками в их группах становятся квалифицированные и тренированные люди. Для таких сотрудников число регистрируемых состояний и объектов несколько больше среднего стандартного. Так как немалая часть обрабатываемых ими для принятия решений по ПБ объектов связана не только с самим объектом, но и с его внешним окружением (расположение пожарных частей по отношению к объекту ТЭК, максимальное время прибытия сил и средств, наличие доступных источников воды для тушения, их удаленность от объекта ТЭК и т. п.), округлим цифру состояний. В этом случае ЛПР в процессе управления ПБ на вверенном ему объекте ТЭК будет учитывать до 1 млн. его состояний.

Выберем для построения модели оценки качества принятия решений ЛПР по управлению ПБ на объекте ТЭК двумерную сетевую структуру, соответствующую в определенном приближении операндам и их состояниям, откладываемым по различным осям координатной сетки [10]. И операнды, и их состояния будем рассматривать в виде параметров управления ПБ, выполняемого ЛПР на объекте ТЭК. Для описания модели примем также ряд ограничений. Будем рассматривать схему процесса оперативного управления ПБ в следующем виде:

1) решения по каждому параметру управления ПБ принимаются отдельно;

2) при переходе значений параметров управления ПБ через определенные узловые значения ЛПР должен принять решение (рис. 1); здесь и далее будем считать это дискретным (квантованным) набором состояний объекта управления;

3) ЛПР не принимает решение до тех пор, пока значения параметров управления находятся между узлами.

Изменение численности управленческого аппарата и аналитического состава L , используемого ЛПР на объекте ТЭК, пропорционально меняет количество параметров управления ПБ и их состояний. Иными словами, меняется количество узлов координатной сетки для каждого участника процесса

Узловые значения параметров управления
Nodal values of control parameters

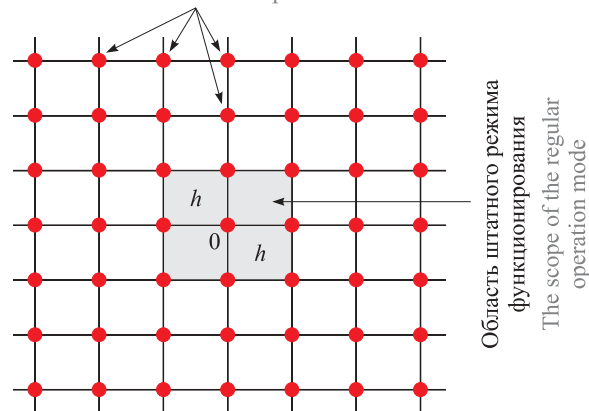


Рис. 1. Сеть для оперативного управления ПБ на объекте ТЭК: h — величина, определяющая степень детализации при анализе каждого параметра управления

Fig. 1. Grid for operational management of FS at facility of the fuel and energy complex: h — the value that determines the level of detail in the analysis of each control parameter

управления ПБ. Это также следует учитывать ЛПР при формировании своих решений.

Рассмотрим характер этой зависимости. Сокращение численности аппарата ЛПР увеличивает число параметров анализа или контроля состояния ПБ на организационную единицу управления. Если принять их число за k , то количество обрабатываемых в ходе процесса принятия решения узлов (степень детализации (квантования) параметров модели) оценки состояния ПБ выражается простым соотношением

$$k = F/L, \quad (1)$$

где F — общее число параметров автоматизированного управления ПБ;

L — число сотрудников аппарата ЛПР и аналитического состава, используемых ЛПР на объекте ТЭК.

Из (1) видно, что при возрастании L величина k снижается.

При этом должно выполняться условие

$$\left(\frac{M}{h}\right)^k = \left(\frac{M}{h}\right)^{F/L} = N, \quad (2)$$

где M — масштаб максимально допустимых отклонений параметров от некоторых оптимальных значений; будем далее полагать, что значения масштаба отклонений для всех параметров управления ПБ нормированы по отношению к 1;

h — степень детализации при анализе каждого из возможных решений с учетом параметров ПБ в текущем управлении;

N — число объектов оперативного управления ПБ на объекте ТЭК.

Из (2) видно, что

$$h = M/\sqrt[k]{N}. \quad (3)$$

Условие (2) задает правило постоянства числа возможных решений ЛПР в АСПВБ, поэтому при $M = 1$

$$h = N^{-1/k} = N^{-L/F}. \quad (4)$$

Из формулы (4) следует, что при возрастании $k = F/L$ увеличивается h , т. е. растет шаг в сетке (см. рис. 1), а значит, разрешающая способность в процессе управления ПБ снижается. Следовательно, отклонение принимаемых ЛПР решений от оптимальных увеличивается. Масштаб максимально допустимых отклонений также растет:

$$M = hN^{1/k}. \quad (5)$$

В результате эффективность управления ПБ снижается. Для оценки величины этого снижения введем функцию показателя эффективности управления ЛПР ПБ на объекте ТЭК, которую обозначим как W . Предположим, что в окрестности точки его экстремума (как вариант, начала координат) его значение (эффективность оперативного управления ПБ по заданным F независимым параметрам) описывается соотношением

$$W = e^{-\sum_{i=1}^F \alpha_i x_i^2}, \quad (6)$$

где α_i — коэффициент значимости (важности) отклонения i -го параметра управления ПБ, определяющий устойчивость процесса управления ПБ на объекте ТЭК; чем α_i больше, тем более критичное влияние оказывает отклонение соответствующего параметра на управление ПБ; x_i — степень отклонения i -го параметра ПБ при работе дежурной смены объекта ТЭК от его нужного значения.

Если в (6) выбрать масштаб для показателя эффективности W , при котором он станет равным 1 для определенной группы параметров управления ПБ, то управление ПБ на объекте ТЭК станет оптимальным [19].

Если также, упростив подход к важности отдельных параметров, считать, что все α_i одинаковы и равны α для всех $\{\alpha_i, i = 1 \dots F\}$, то (6) можно записать так:

$$W = e^{-\alpha \sum_{i=1}^F x_i^2}. \quad (7)$$

Такое упрощение может дать нормировка максимальных значений всех факторов по отношению к 1. В этом случае можно считать, что все параметры модели одинаковы по значимости и одинаково влияют на показатель эффективности.

При выполнении регламентированных мероприятий ПБ в штатном режиме на объекте ТЭК от-

сутствуют (или не зарегистрированы средствами АСПВБ) события, требующие экстренного реагирования ЛПР. В этом случае значения отклонений x_i для всех параметров управления ПБ близки к оптимальным и находятся в диапазоне $[0 \dots h]$. Иными словами, их абсолютные значения могут быть выражены в единицах h .

Тогда можно утверждать, что управление мероприятиями ПБ на объекте ТЭК удовлетворительным образом может осуществляться в автоматическом режиме или с помощью оборудования второго уровня информирования в АСУТП [20]. Операторы АСПВБ в дежурной смене выполняют работы согласно регламентированным процедурам обеспечения ПБ, а ЛПР следит за их действиями. Аналитики набирают статистику о конкретных условиях технологических процессов и готовят промежуточные отчеты для ЛПР. В таком режиме результаты управления ПБ на объекте ТЭК можно считать условно “плоскими”, так как иерархия принятия решений (от ЛПР к исполнительным механизмам) задействована не будет.

Учитывая это обстоятельство, проведем расчет показателя эффективности управления ПБ ЛПР на объекте ТЭК W , используя данные [7]. Снижение его значения, при условии, что “шаг” решений равен h (см. рис. 1), по каждому из параметров управления ПБ на объекте ТЭК определяется исходя из применения функции Лапласа [21]:

$$\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt, \quad (8)$$

где t — некоторая переменная.

Если в принятии решений по ПБ в АСПВБ объекта ТЭК ЛПР допускает усреднение по времени их принятия, то в описанных выше условиях можно считать, что состояния сетки управления (см. рис. 1) также допускают усреднение по состояниям принятия решений согласно гипотезе об эргодичности процесса [22]. Физически это означает, что все регламентированные процедуры в процессе обеспечения ПБ на объекте ТЭК проводятся в соответствии с предписаниями нормативных документов (в том числе документов объекта ТЭК).

Тогда показатель эффективности управления ПБ ЛПР на объекте ТЭК можно записать в виде

$$W = \left(\frac{\sqrt{\pi/\alpha}}{h} \right)^F \Phi^F \left(\frac{h}{2} \sqrt{\alpha} \right). \quad (9)$$

Применяя (2), получаем:

$$W = \left[\left(\frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{\alpha}} \right)^F \sqrt{N^L} \right] \Phi \left(\frac{\sqrt{\alpha}}{2 \sqrt{N^L}} \right)^F. \quad (10)$$

Следует считать, что ошибка любого сотрудника дежурной смены, будь то оператор или аналитик, приведет к принятию ЛПП ошибочного решения и станет причиной неправильного реагирования на возникающее событие нарушения ПБ на объекте ТЭК. Это предположение особенно актуально в условиях применения на объектах ТЭК новых цифровых технологий, совмещающих в себе виртуальное и реальное производства [23].

Для того чтобы понять, каким образом следует принимать решения по ПБ, с тем чтобы обеспечить максимально возможное значение показателя эффективности управления ПБ, запишем следующее соотношение:

$$\left(\frac{\sqrt{\pi/\alpha}}{h}\right) \Phi\left(\frac{h}{2}\sqrt{\alpha}\right) = \int_0^1 e^{-\frac{1}{4}\alpha h^2 \xi^2} d\xi, \quad (11)$$

где $\xi = 2x/h$.

Если число параметров автоматизированного управления будет обеспечиваться кадрами дежурной смены в соотношении 1:1 ($k \rightarrow 1$), то шаг принятия решений в сетке управления ПБ будет стремиться к 0 ($k \rightarrow 0$). Из (11) видно, что в этом случае показатель эффективности управления ПБ будет стремиться к 1 ($W \rightarrow 1$).

Анализ результатов

Таким образом, чем более детально проработаны регламентные процедуры обеспечения ПБ на объекте ТЭК и чем более строгий порядок их закрепления за сотрудниками дежурных смен объектов, тем лучше показатель эффективности управления.

Установленная зависимость проиллюстрирована на рис. 2. Значения показателя эффективности управления W в данном случае рассчитаны исходя из значений обобщенного параметра управления мероприятиями ПБ в соответствии с формулой

$$x = \sqrt[F]{N^L} / \sqrt{\alpha}. \quad (12)$$

Реалии управления ПБ на объекте ТЭК делают зависимость показателя эффективности управления W от x ступенчатой. Предположим, что число параметров автоматизированного управления на реальном объекте ТЭК F равно 100. При этом обобщенный параметр (12) будет характеризовать “распределение обязанностей” в выполнении регламентных процедур между сотрудниками дежурной смены данного объекта при возникновении события нару-

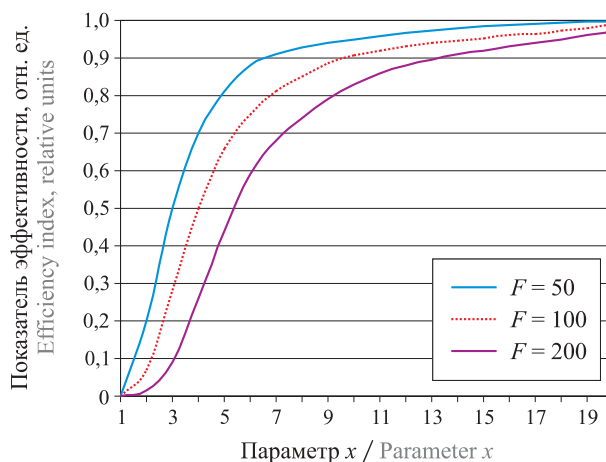


Рис. 2. Зависимость эффективности управления мероприятиями ПБ на объекте ТЭК от обобщенного параметра управления при их разном числе

Fig. 2. Correlation of efficiency of FS management at facility of the fuel and energy complex and generalized parameter of management by different numbers

шения ПБ. Если сократить общее число параметров автоматизированного управления до 50, то мы получаем кривую, расположенную выше реальной ступенчатой функции, а если увеличить до 200, то кривую ниже ее (см. рис. 2). Аппроксимирующие реальную функцию кривые позволяют оценить качество управления мероприятиями ПБ на объекте ТЭК при различных условиях. При этом считается, что все показатели важности отдельных мероприятий по каждому из параметров α равны 1, а количество объектов в сети оперативного управления ПБ на объекте ТЭК $N = 10^6$ (100 сотрудников на 100 событий).

Заключение

Таким образом, анализ результатов математического моделирования процесса управления ПБ на объектах ТЭК показал, что наиболее эффективной организация управления мероприятиями становится при достаточном уровне обеспечения дежурных смен объекта личным составом. Важно сохранять соотношение параметров автоматизированного управления и кадров дежурной смены максимально приближенным к 1. Предложено решение задачи о проблеме перехода АСПВБ из автоматического режима управления в автоматизированный из-за нехватки времени в процессе оперативного управления и невозможности полного выполнения планов мероприятий ПБ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абросимов А. А., Топольский Н. Г., Федоров А. В. Автоматизированные системы пожаровзрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств. — М. : МИПБ МВД России, 1999. — 239 с.

2. Dawoud S. M. Fire protection in the petroleum industry // SPE Annual Technical Conference and Exhibition (11–14 November, 2007, Anaheim, California, USA). DOI: 10.2118/110521-ms.
3. Antonsen S., Skarholt K., Ringstad A. J. The role of standardization in safety management — A case study of a major oil & gas company // Safety Science. — 2012. — Vol. 50, No. 10. — P. 2001–2009. DOI: 10.1016/j.ssci.2011.11.001.
4. Самарин И. В. Стратегическое планирование ОПК: актуальность и научно-методическое обеспечение // Стратегическая стабильность. — 2013. — № 2(63). — С. 67–73.
5. Самарин И. В. АСУ стратегического планирования на предприятии: уточнение методологических и инструментальных основ схемы планирования // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2017. — № 2. — С. 31–44.
6. Самарин И. В., Фомин А. Н. Стратегическое планирование на предприятии: применение метода анализа иерархий для стратегического мониторинга деятельности // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. — 2014. — № 5. — С. 84–89. DOI: 10.21686/2500-3925-2014-5-84-89.
7. Самарин И. В. О целесообразности иерархии в системе стратегического планирования и управления крупным предприятием // Инновации и инвестиции. — 2014. — № 8. — С. 109–114.
8. Мескон М. Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента / Пер. с англ. — М. : Вильямс, 2006. — 672 с.
9. Hammond J. S., Keeney R. L., Raiffa H. Smart choices: A practical guide to making better decisions. — Boston : Harvard Business School Press, 1999. — 272 p.
10. Сухарев М. Г., Арсеньев-Образцов С. С., Жукова Т. М. Основы математического и компьютерного моделирования в задачах нефтегазового комплекса : учебное пособие для вузов. — М. : МАКС Пресс, 2010. — 120 с.
11. Nolan D. P. Handbook of fire and explosion protection engineering principles for oil, gas, chemical and related facilities. — 3rd ed. — Norwich, NY : William Andrew, 2010. — 496 p.
12. Bogue R. Sensors for fire detection // Sensor Review. — 2013. — Vol. 33, No. 2. — P. 99–103. DOI: 10.1108/02602281311299635.
13. IRP 15: Snubbing Operations. An Industry Recommended Practice (IRP) for the Canadian oil and gas industry. — May 2015. — Vol. 15. — 167 p. URL: <http://www.enform.ca/resources/download-resource.cfm?resourceId=25&type=pdf> (дата обращения: 11.10.2018).
14. Construction Health and Safety Manual: Oil Refineries and Petrochemical Plants. URL: https://www.ihsa.ca/rtf/health_safety_manual/pdfs/locations/Oil_Refineries.pdf (дата обращения: 11.10.2018).
15. Lee W., Cheon M., Hyun C.-H., Park M. Development of building fire safety system with automatic security firm monitoring capability // Fire Safety Journal. — 2013. — Vol. 58. — P. 65–73. DOI: 10.1016/j.firesaf.2013.01.003.
16. Звягин Л. С. Математические методы системного анализа // Молодой ученый. — 2014. — № 18. — С. 1–5.
17. Клатцки Р. Память человека. Структуры и процессы / Пер. с англ. — М. : Мир, 1978. — 320 с.
18. Самарин И. В. Методика оценки эффективности оперативного управления предприятием // Естественные и технические науки. — 2014. — № 9-10(77). — С. 228–235.
19. Ногин В. Д. Введение в оптимальное управление : учеб.-метод. пособие. — СПб. : ЮТАС, 2008. — 92 с.
20. Андреев Е. Б., Ключников А. И., Кротов А. В., Попадько В. Е., Шарова И. Я. Автоматизация технологических процессов добычи и подготовки нефти и газа : учебное пособие для вузов. — М. : Недра-Бизнесцентр, 2008. — 399 с.
21. Зорич В. А. Математический анализ. — Изд. 8-е, испр. — М. : МЦНМО, 2017. — Ч. I. — 564 с.
22. Сухарев М. Г. Методы прогнозирования : учеб. пособие. — М. : МАКС Пресс, 2010. — 175 с.
23. Prakash J. Digital twins define oil & gas 4.0. URL: <https://www.arcweb.com/blog/digital-twins-define-oil-gas-40> (дата обращения: 21.10.2018).

Материал поступил в редакцию 8 ноября 2018 г.

Для цитирования: Топольский Н. Г., Самарин И. В., Строгонов А. Ю. Методика оценки эффективности управления мероприятиями пожарной безопасности на объектах ТЭК в составе автоматизированной системы поддержки управления // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2018. — Т. 27, № 12. — С. 19–26. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.12.19-26.

TECHNIQUE OF AN ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF MANAGEMENT OF FIRE SAFETY AT FACILITIES OF FUEL AND ENERGY COMPLEX USING BY COMPUTER-AIDED SUPPORT CONTROL SYSTEM

N. G. TOPOLSKIY, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honoured Science Worker of Russian Federation, Professor of Department of Information Technology, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail: ntolskii@mail.ru)

I. V. SAMARIN, Candidate of Technical Sciences, Docent, Assistant Professor of Department of Automation of Technological Processes, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University) (Leninskiy Avenue, 65, Bldg. 1, Moscow, 119991, Russian Federation; e-mail: ivs@gubkin.ru)

A. Yu. STROGOV, Postgraduate Student of Department of Automation of Technological Processes, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University) (Leninskiy Avenue, 65, Bldg. 1, Moscow, 119991, Russian Federation)

ABSTRACT

Introduction. This chapter considers the actuality importance of operational management of fire safety (FS) at facilities of the fuel and energy complex. The tools of strategic planning are proposed to assess of efficiency of the operational management of FS. The monitoring and analysis of volume of information are carried out by a decision maker (DM) using automated system of fire and explosion protection (ASFEP) is a part automated control system of technological process. The purpose of this article is described. It is the formation of system approaches to the analysis of changes in the efficiency of management of FS at facilities of the fuel and energy complex. To achieve this goal, mathematical modeling and analysis of the results are carried out.

Methodology. The construction of model for assessing the quality of decision-making by DM on the management of FS is considered. The scheme of process of operational management is presented in the form of two-dimensional network structure. Parameters of management of FS (operands and condition) are reserved for this structure. So there are certain restrictions. Then type of dependence of number of the administrative apparatus on number of parameters of manual control is taken into account. The author describes the reasons for the deviations of decisions from the optimal. Such deviations are consequence of the decrease in the efficiency of FS management. The function of an efficiency index of the operational management of FS is entered for assessment of this decrease.

Results. There is dependence of the work on the regulation procedures to ensure FS at facilities of the fuel and energy complex and of the value of an efficiency index of management. This dependence is justified. This dependence is illustrated in the form of curves. The equation of the generalized parameter of FS management is entered. Correlation of the value of an efficiency index and generalized parameter is determined the character of received curves.

Conclusion. In summary it can be concluded that the personnel on duty shifts should correspond to the number of parameters of manual control, thereby ensuring the efficiency of the organization of FS management.

Keywords: automation; fire and explosion safety; automated system of fire and explosion protection; duty shift; similarity criterions; optimization; parameters of management; condition; decision-making; strategic planning; operational management; efficiency index.

REFERENCES

1. A. A. Abrosimov, N. G. Topolskiy, A. V. Fedorov. *Avtomatizirovannyye systemy pozharovzryvobezopasnosti neftepererabatyvayushchikh proizvodstv* [Computer-aided fire and explosion safety systems of petroleum refineries]. Moscow, State Fire Academy of the Ministry of Internal Affairs of Russia Publ., 1999. 239 p. (in Russian).
2. S. M. Dawoud. Fire protection in the petroleum industry. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition (11–14 November, 2007, Anaheim, California, USA)*. DOI: 10.2118/110521-ms.
3. S. Antonsen, K. Skarholt, A. J. Ringstad. The role of standardization in safety management — A case study of a major oil & gas company. *Safety Science*, 2012, vol. 50, no. 10, pp. 2001–2009. DOI: 10.1016/j.ssci.2011.11.001.

4. I. V. Samarin. Strategic planning defense: actuality and academic support. *Strategicheskaya stabilnost / Strategic Stability*, 2013, no. 2(63), pp. 67–73 (in Russian).
5. I. V. Samarin. ACS strategic planning at the enterprise: refinement of methodological and instrumental basics of planning schemes. *Sovremennaya nauka: aktualnyye problemy teorii i praktiki. Seriya: Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki / Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Series: Natural and Technical Science*, 2017, no. 2, pp. 31–44 (in Russian).
6. I. V. Samarin, A. N. Fomin. Strategic planning at the enterprise: Application of a method of the analysis of hierarchies for the strategic activity monitoring. *Statistika i ekonomika / Statistics and Economics*, 2014, no. 5, pp. 84–89 (in Russian). DOI: 10.21686/2500-3925-2014-5-84-89.
7. I. V. Samarin. About expediency of hierarchy in the system of strategic planning and management of a large enterprise. *Innovatsii i investitsii / Innovation and Investment*, 2014, no. 8, pp. 109–114 (in Russian).
8. M. H. Mescon, M. Albert, F. Khedouri. *Management*. New York, Harper & Row, 1988. 777 p. (Russ. ed.: M. H. Mescon, M. Albert, F. Khedouri. *Osnovy menedzhmenta*. Moscow, Williams Publ., 2006. 672 p.).
9. J. S. Hammond, R. L. Keeney, H. Raiffa. *Smart choices: A practical guide to making better decisions*. Boston, Harvard Business School Press, 1999. 272 p.
10. M. G. Sukharev, S. S. Arsenev-Obraztsov, T. M. Zhukova. *Osnovy matematicheskogo i kompyuternogo modelirovaniya v zadachakh neftegazovogo kompleksa* [Fundamentals of mathematical and computer modeling in the problems of oil and gas complex]. Moscow, MAKS Press Publ., 2010. 120 p. (in Russian).
11. D. P. Nolan. *Handbook of fire and explosion protection engineering principles for oil, gas, chemical and related facilities*. 3rd ed. Norwich, NY, William Andrew, 2010. 496 p.
12. R. Bogue. Sensors for fire detection. *Sensor Review*, 2013, vol. 33, no. 2, pp. 99–103. DOI: 10.1108/02602281311299635.
13. IRP 15: Snubbing Operations. An Industry Recommended Practice (IRP) for the Canadian oil and gas industry. May 2015, vol. 15. 167 p. Available at: <http://www.enform.ca/resources/download-resource.cfm?resourceId=25&type=pdf> (Accessed 11 October 2018).
14. *Construction Health and Safety Manual: Oil Refineries and Petrochemical Plants*. Available at: https://www.ihsa.ca/rtf/health_safety_manual/pdfs/locations/Oil_Refineries.pdf (Accessed 11 October 2018).
15. W. Lee, M. Cheon, C.-H. Hyun, M. Park. Development of building fire safety system with automatic security firm monitoring capability. *Fire Safety Journal*, 2013, vol. 58, pp. 65–73. DOI: 10.1016/j.fire-saf.2013.01.003.
16. L. S. Zvyagin. Mathematical methods of system analysis. *Molodoy uchenyy / Young Scientist*, 2014, no. 18, pp. 1–5 (in Russian).
17. R. L. Klatzky. Human memory: Structures and processes. San Francisco, W. H. Freeman, 1975. 276 p. (Russ. ed.: R. L. Klatzky. *Pamyat cheloveka. Struktury i protsessy*. Moscow, Mir Publ., 1978. 320 p.).
18. I. V. Samarin. Method of an assessment of efficiency of operational management by the enterprise. *Estestvennyye i tekhnicheskiye nauki / Natural and Technical Sciences*, 2014, no. 9-10(77), pp. 228–235 (in Russian).
19. V. D. Nogin. *Vvedeniye v optimalnoye upravleniye* [Introduction to optimal control]. Saint Petersburg, UTAS Publ., 2008. 92 p. (in Russian).
20. E. B. Andreev, A. I. Klyuchnikov, A. V. Krotov, V. E. Popadko, I. Ya. Sharova. *Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh protsessov dobychi i podgotovki nefii i gaza* [Automation of technological processes of oil and gas production and treatment]. Moscow, Nedra-Biznestsentr Publ., 2008. 399 p. (in Russian).
21. V. A. Zorich. *Matematicheskii analiz* [Mathematical analysis]. Moscow, MTsNMO Publ., 2017, part 1, 576 p. (in Russian).
22. M. G. Sukharev. *Metody prognozirovaniya* [Forecasting methods]. Moscow, MAKS Press Publ., 2010. 175 p. (in Russian).
23. J. Prakash. Digital twins define oil & gas 4.0. Available at: <https://www.arcweb.com/blog/digital-twins-define-oil-gas-40> (Accessed 21 October 2018).

For citation: N. G. Topolskiy, I. V. Samarin, A. Yu. Strogonov. Technique of an assessment of efficiency of management of fire safety at facilities of fuel and energy complex using by computer-aided support control system. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, no. 12, pp. 19–26 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2018.27.12.19-26.

О. С. ЗОСИМОВА, консультант отдела архитектуры и типового проектирования Департамента градостроительной деятельности и архитектуры, Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Россия, 127994, г. Москва, ул. Садовая-Самотечная, 10/23; e-mail: cheptsovaos@mail.ru)

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

УДК 614.841

НАТУРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СКОРОСТЬЮ СВОБОДНОГО ДВИЖЕНИЯ ПАЦИЕНТОК ГИНЕКОЛОГИЧЕСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ В КИТАЕ

Изучены демографические показатели Китая в период с 1951 по 2017 гг. Сформулирован ряд задач: проведение натурных наблюдений за параметрами движения пациенток гинекологического отделения; статистическая обработка полученных данных; сравнительный анализ с данными параметрами движения наших соотечественниц. Описан визуальный метод натурных наблюдений за параметрами движения пациенток гинекологического отделения поликлиники Харбинского политехнического университета в Китае. Проведена статистическая обработка параметров движения, полученных в результате натурных наблюдений. По итогам статистической обработки данных натурных наблюдений установлена скорость свободного движения пациенток. При дифференциации полученных статистических данных по параметрам свободного движения пациенток использованы такие категории, как пол, возраст и профессиональная принадлежность. Проведен сравнительный анализ полученных значений средней скорости свободного движения пациенток и данных исследований, проведенных на территории России. Сделан вывод о превышении скорости свободного движения пациенток гинекологического отделения в Китае над соответствующими показателями наших соотечественниц.

Ключевые слова: пожарная безопасность; эвакуация; параметры свободного движения; родильный дом; эксперимент.

DOI: 10.18322/PVB.2018.27.12.27-36

Введение

Население Земли на 2018 г. составляет около 7,5 млрд. чел. Из них 1,5 млрд. чел. (т. е. 20 % от всего населения) проживает на территории Китая. На основании данной статистики Китай является лидером по численности населения.

Согласно независимой оценке на конец 2016 г. население Китая составляло 1 382 494 824 чел., в 2017 г.

— 1 401 109 752 чел. Тенденция прироста населения Китая за период с 1952 по 2016 гг. показана на графике рис. 1, иллюстрирующем снижение данного показателя, что вовсе не случайно, а является следствием действия принятой властями Китая демографической программы.

В 70-х годах XX века, когда стало очевидно, что земельные, водные и энергетические ресурсы страны не смогут обеспечить жизнедеятельность прироста населения, властям Китая на законодательном уровне пришлось принять меры по ограничению количества членов семьи. В то же время перед властями Китая стояла задача обеспечить безопасность населения.

По соотношению численности населения и площади Китай занимает 9-е место в мире: плотность населения составляет 648 чел. на 1 км², или 0,648 чел. на 1 м².

Такой показатель, как плотность населения, оказывает большое влияние на все сферы деятельности Китая, особенно на строительную отрасль [1].

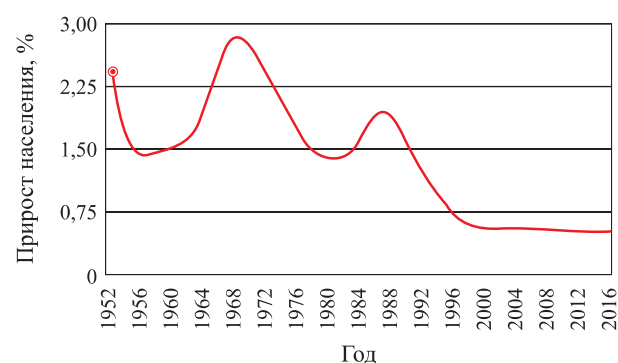


Рис. 1. Прирост населения Китая в период 1952–2016 гг.

Ввиду высокого показателя плотности населения при проектировании зданий и сооружений в Китае основным параметром становится его пропускная способность [2–7].

Целью настоящей статьи является определение скорости свободного движения основного состава людского потока в гинекологическом отделении поликлиники в Китае.

Как известно, большинство коммуникационных путей на начальной стадии пожара применяются в качестве эвакуационных [8–10] и являются частью системы противопожарной защиты здания или сооружения [11–13].

При повседневном пребывании людей в здании задача, выполняемая коммуникационными путями, заключается в обеспечении комфорта передвижения, а в случае возникновения чрезвычайной ситуации — свободного передвижения людей, беспрепятственности и своевременности их одновременной эвакуации [13, 14].

Для выполнения этих задач необходимо знать величину людских потоков, формирующихся в зданиях различного функционального назначения, которая зависит от параметров их движения, психофизиологических свойств людей в составе потоков и психофизически обусловленных [15–17] закономерностей связи между параметрами потоков [18–20].

В июле 2017 г. в ходе прохождения практики по обмену международным опытом между Национальным исследовательским Московским государственным строительным университетом (НИУ МГСУ) и Харбинским политехническим университетом аспиранткой НИУ МГСУ О. С. Зосимовой были проведены натурные наблюдения за скоростью свободного движения пациенток гинекологического отделения в поликлинике Харбинского политехнического университета. Наблюдения проводились на участке горизонтальных путей — в коридоре 2-го этажа здания поликлиники, где находился гинекологический кабинет.

В настоящее время известны два метода проведения натурных наблюдений — визуальный и с применением видео- и фотоаппаратуры.

Ввиду отсутствия необходимой аппаратуры был использован визуальный метод [21, 22]. При проведении натурных наблюдений с применением визуального метода был установлен интервал времени, в рамках которого определялось расстояние, пройденное наблюдаемым человеком, а также плотность потока D (чел./м²). Для точности и однородности наблюдений выбирался заметный предмет, а именно первое сиденье в коридоре (рис. 2).



Рис. 2. Фрагмент проведения натурных наблюдений за передвижением человека визуальным методом

Методы исследования

После выбора интервала времени, контрольной точки и наблюдаемого человека были реализованы следующие действия. Когда наблюдаемый человек пересекал визуальную линию, подсчитывалось количество напольных плиток, пройденных им за интервал времени, равный 5 с (рис. 3).

Необходимо отметить, что В. В. Холщевниковым [23] впервые был обоснован при проведении натурных наблюдений выбор в качестве постоянной величины не расстояния, а времени.

Так, ранее при использовании визуального метода натурных наблюдений за константу принималось расстояние, которое проходил наблюдаемый за время t . Однако при проведении математических вычислений данных, которые были получены при использовании визуального метода натурных наблюдений, В. В. Холщевников пришел к выводу, что при использовании визуального метода функция имеет асимметричный вид закона распределения плотности вероятности (рис. 4). Вследствие этого невозможно определить действительный вид закона распределения по данным наблюдений визуальным методом [24–26]. Во всех же исследованиях, проведенных кинометодом, были получены нормальные законы распределения (рис. 5).

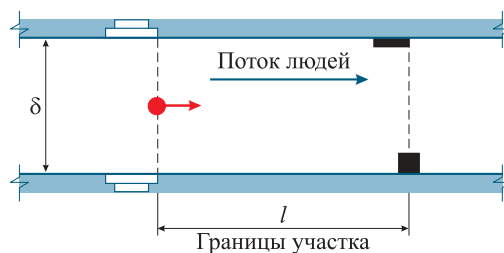


Рис. 3. Схема участка пути, на котором измерялись плотность и скорость потока

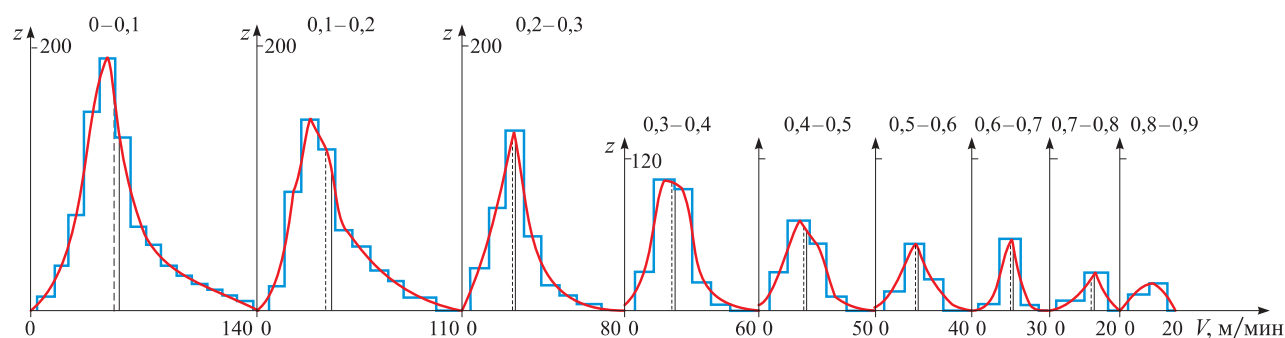


Рис. 4. Примеры гистограмм и полигонов распределения скоростей движения по горизонтальным путям, полученных визуальным методом (z — критерий Фишера)

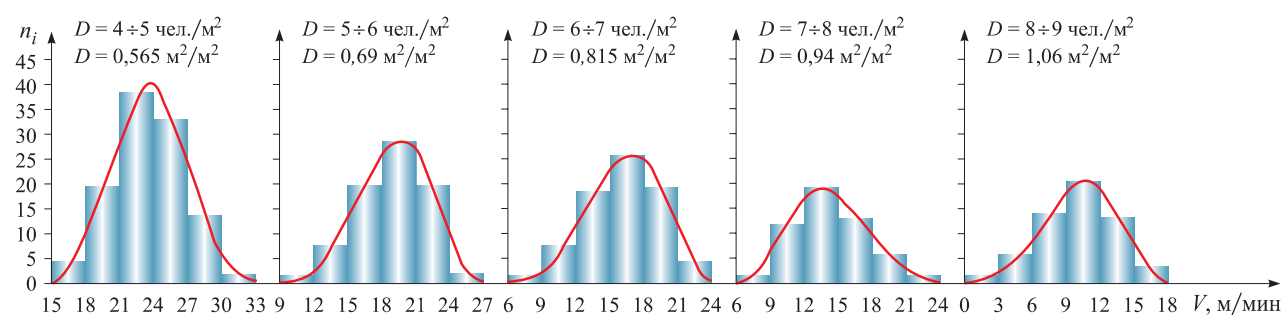


Рис. 5. Нормальное распределение скорости движения людей, полученное при помощи кинометода (n_i — количество наблюдений)

Сложившаяся ситуация привела к модификации визуального метода натуральных наблюдений, а именно: при проведении натуральных наблюдений визуальным методом за постоянную величину принимается время, затраченное человеком на прохождение конкретного участка пути.

Результаты исследований

Для дифференциации результатов наблюдений были выбраны такие показатели, как пол, возраст и профессиональная принадлежность (рис. 6–8).

Полученные в ходе проведения эксперимента данные по средней скорости свободного движения

пациенток гинекологического отделения поликлиники по горизонтальному пути в Китае отображены в табл. 1.

Основным контингентом людского потока гинекологических отделений являются женщины, однако при проведении натуральных наблюдений были определены также скорости свободного движения врачей (мужчин и женщин) и мужчин (табл. 2).

Выводы

На основании данных, приведенных в табл. 1 и 2, можно сделать вывод, что скорость движения китайцев ниже по сравнению с россиянками. Предпо-

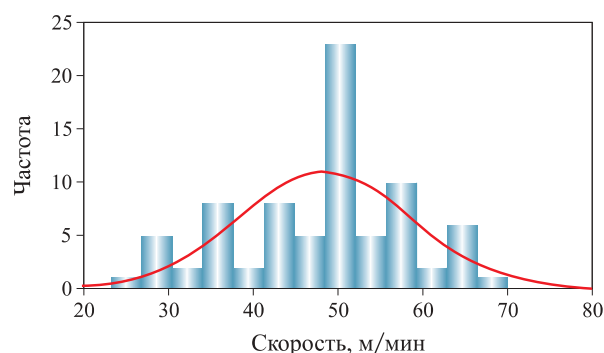


Рис. 6. Скорость передвижения пациенток гинекологического отделения поликлиники в Китае: количество наблюдений — 78; ожидаемое значение $\mu = 48,4$ м/мин; стандартное отклонение $\delta = 10,12$ м/мин; доверительный интервал (нижний и верхний пределы) для среднего: нижний — 46,12 м/мин, верхний — 50,68 м/мин

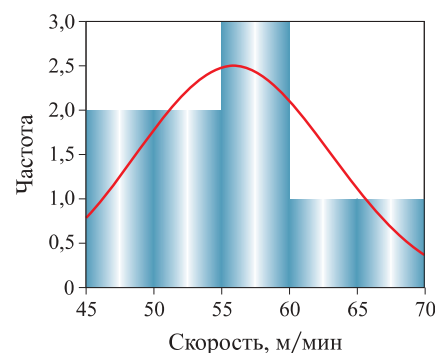


Рис. 7. Скорость передвижения медицинского персонала гинекологического отделения в Китае: количество наблюдений — 9; ожидаемое значение $\mu = 55,9$ м/мин; стандартное отклонение $\delta = 6,72$ м/мин; доверительный интервал (нижний и верхний пределы) для среднего: нижний — 50,75 м/мин, верхний — 61,1 м/мин

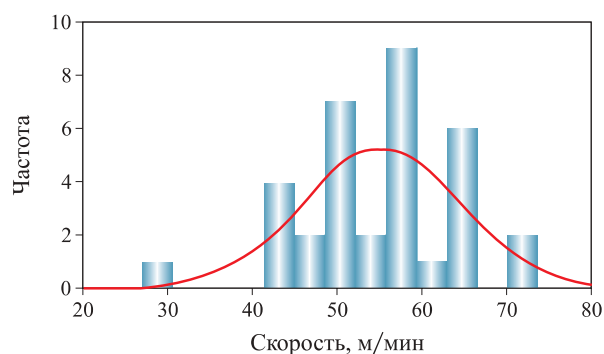


Рис. 8. Скорость передвижения мужчин в гинекологическом отделении в Китае: количество наблюдений — 34; ожидаемое значение $\mu = 55,1$ м/мин; стандартное отклонение $\delta = 9,18$ м/мин; доверительный интервал (нижний и верхний пределы) для среднего: нижний — 51,9 м/мин, верхний — 58,3 м/мин

Таблица 1. Средняя скорость свободного движения V пациенток гинекологического отделения поликлиники по горизонтальному пути в Китае

№ п/п	Категория наблюдаемых пациенток по возрасту, лет	V , м/мин
1	20–30	48,8
2	31–45	48,4
3	46–70	42,5

Таблица 2. Средняя скорость свободного передвижения V врачей (мужчин и женщин) гинекологического отделения поликлиники и мужчин по горизонтальному пути в Китае

№ п/п	Категория наблюдаемых людей	V , м/мин
1	Врачи (мужчины и женщины)	55,76
2	Мужчины	55,1

лагается, что различие обуславливается меньшими антропометрическими размерами тел китайцев, чем россиян, и, следовательно, меньшей длиной шага.

В результате натурных наблюдений за скоростью движения пациенток гинекологического отделения в Китае решена основная задача исследования: установлена скорость свободного (без влияния плотности) движения беременных женщин по различным видам пути в зданиях в Китае. С помощью полученных результатов возможна оптимизация системы пожарной безопасности объекта защиты в виде актуализации требований нормирования эвакуационных путей в зданиях. Однако для комплексного подхода к вопросу нормирования необходимо установление особенностей поведения беременных женщин на начальной стадии пожара и затрат времени на этом этапе, а также определение параметров поточного движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kinsey M. J., Gwynne S. M. V., Kuligowski E. D., Kinatader M. Cognitive biases within decision making during fire evacuations // *Fire Technology*. — 2018. — P. 1-21. DOI: 10.1007/s10694-018-0708-0.
2. Sime J. Escape behaviour in fires: panic or affiliation? : PhD thesis. — Guildford : University of Surrey, 1984.
3. Gwynne S. M. V., Kuligowski E. D., Kinsey M. J. Human behaviour in fire — model development and application // *Proceedings of the Human Behaviour in Fire Conference*. URL: https://scholar.google.co.jp/citations?user=Coh3dTgAAAAJ&hl=ja#d=gs_md_cita-d&u=%2Fcitations%3Fview_op%3Dview_citation%26hl%3Dja%26user%3DCoh3dTgAAAAJ%26citation_for_view%3DCoh3dTgAAAAJ%3A0EnyYjriUFMC%26tzm%3D-180 (дата обращения: 05.09.2018).
4. Kuligowski E. D., Gwynne S. M. V., Kinsey M. J., Hulse L. Guidance for the model user on representing human behavior in egress models // *Fire Technology*. — 2017. — Vol. 53, Issue 2. — P. 649–672. DOI: 10.1007/s10694-016-0586-2.
5. Canter D. (ed.). Fires and human behaviour. — Chichester : Wiley, 1980.
6. Kahneman D., Klein G. Conditions for intuitive expertise: A failure to disagree // *American Psychologist*. — 2009. — Vol. 64, Issue 6. — P. 515–526. DOI: 10.1037/a0016755.
7. Medyanik M., Zosimova O. Key problems of fire safety enforcement in traffic and communication centers (TCC) // *IOP Conference series: Earth and Environmental Science*. — 2017. — Vol. 90, Article No. 012151. DOI: 10.1088/1755-1315/90/1/012151.
8. Korolchenko D., Kholshchevnikov V. Conceptual problems of high-rise construction and differentiation of research within the urban environment system // *MATEC Web of Conferences*. — 2017. — Vol. 106, Article No. 01038. — 12 p. DOI: 10.1051/mateconf/201710601038.
9. Маркеев В. А., Воевода С. С., Корольченко Д. А. Противопожарная защита объектов резервуарного парка ОАО «НК «Роснефть» // *Нефтяное хозяйство*. — 2006. — № 9. — С. 83–85.
10. Korolchenko D., Voevoda S. Influence of dispersion degree of water drops on efficiency of extinguishing of flammable liquids // *MATEC Web of Conferences*. — 2016. — Vol. 86, Article No. 04056. — 7 p. DOI: 10.1051/mateconf/20168604056.

11. Korolchenko D., Pizhurin A. Simulating operational control of production in lumber house building businesses // MATEC Web of Conferences. — 2017. — Vol. 117, Article No. 00084. — 7 p. DOI: 10.1051/mateconf/201711700084.
12. Корольченко Д. А., Черкина В. М., Евич А. А. Эффективность применения кремнеземной ткани в противопожарных шторах // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2017. — № 4(370). — С. 107–111.
13. Kholshchevnikov V., Korolchenko D., Zosimova O. Efficiency evaluation criteria of communication paths structure in a complex of buildings of maternity and child-care institutions // MATEC Web of Conferences. — 2017. — Vol. 106, Article No. 01037. — 11 p. DOI 10.1051/mateconf/201710601037.
14. Kholshchevnikov V. V., Samoshin D. A. Modeling and reality of evacuation process // Proceedings of 13th International Conference “Interflam 2013”. — London, UK : Royal Holloway College, University of London, 2013. — P. 509–514. URL: http://www.fireevacuation.ru/files/Interflam2013/Inter-Flam_2013_Samoshin_paper.pdf (дата обращения: 03.09.2018).
15. Fechner G. Th. Elemente der psychophysik. — Zweite Auflagen. — Leipzig : Breitkopf und Härtel, 1889. — 378 s. (in Germany).
16. Забродин Ю. М., Лебедев А. Н. Психофизиология и психофизика. — М. : Наука, 1977. — 288 с.
17. Fruin J. J. Pedestrian planning and design. — New York : Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, Inc., 1971. — 206 p.
18. Зосимова О. С. Особенности обеспечения пожарной безопасности учреждений охраны материнства и детства // Строительство — формирование среды жизнедеятельности : сборник материалов XIX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. — М. : МГСУ, 2016. — С. 473–476.
19. Холицевников В. В. Закономерности связи между параметрами людских потоков : диплом № 24-S на открытие в области социальной психологии. — М. : Российская академия естественных наук, Международная академия авторов научных открытий и изобретений, Международная ассоциация авторов научных открытий, 2005.
20. Холицевников В. В., Гилетич А. Н., Ушаков Д. В., Парфененко А. П. Общая закономерность изменения параметров движения людских потоков различного функционального контингента в зданиях и сооружениях // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2011. — Т. 20, № 12. — С. 32–41.
21. Холицевников В. В., Самошин Д. А., Исаевич И. И. Натурные наблюдения людских потоков. — М. : Академия ГПС МЧС РФ, 2009. — 191 с.
22. Pauls J. L. Building Evacuation: Findings and Recommendations // Fires and Human Behaviour / D. Canter (ed.). — London : John Wiley, 1980. — P. 251–276.
23. Холицевников В. В. Влияние методов натурных наблюдений на определение числовых характеристик закона распределения расчетной величины скорости людского потока // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2013. — Т. 22, № 8. — С. 71–80.
24. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие для вузов. — 9-е изд. — М. : Высшая школа, 2003. — 479 с.
25. Холицевников В. В. Статистика зависимостей между параметрами людских потоков // Исследования по основам архитектурного проектирования (методологические, функциональные, эстетические и физико-технические проблемы архитектуры). — Томск : Томский университет, 1983. — С. 155–174.
26. Kholshchevnikov V. V. Forecast of human behavior during fire evacuation // Emergency evacuation of people from buildings : Proceedings of International Scientific and Technical Conference. — Poland, Warsaw, 2011. — P. 139–153.

Материал поступил в редакцию 26 октября 2016 г.

Для цитирования: Зосимова О. С., Корольченко Д. А. Натурные наблюдения за скоростью свободного движения пациенток гинекологического отделения в Китае // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2018. — Т. 27, № 12. — С. 27–36. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.12.27-36.

O. S. ZOSIMOVA, Consultant of Group of Architecture and Standart Design, Department of Urban Planning and Architecture, Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation (Sadovaya-Samotechnaya St., 10/23, Moscow, 127994, Russian Federation; e-mail: cheptsovaos@mail.ru)

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

UDC 614.841

FULL-SCALE OBSERVATIONS OF THE SPEED OF FREE MOVEMENT OF GYNECOLOGICAL PATIENTS IN CHINA

The article examines the demographic indicators of China in the period from 1951–2017. A number of tasks was formed: carrying out full-scale observations of the parameters of the movement of gynecological patients, statistical processing of the data obtained and comparative analysis with these parameters of the movement of our compatriots. A visual method of field observations of the parameters of the movement of patients of the gynecological department of the polyclinic of the Harbin University of Technology in China is described. Statistical processing of the motion parameters obtained as a result of field observations was carried out. Based on the results of statistical processing of field observations, the rate of free movement of patients was established. When differentiating the obtained statistical data of the parameters of free movement of patients, such classifications as gender, age and professional affiliation were adopted. According to the obtained values of the average speed of free movement of patients, a comparative analysis was carried out with the data of studies conducted in the territory of Russia. As a result of the research, the conclusion was made that the rate of free movement of gynecological patients in China exceeded the corresponding indicators of our compatriots.

Keywords: fire safety; evacuation; free movement parameters; maternity homes; experiment.

DOI: 10.18322/PVB.2018.27.12.27-36

Introduction

The population of the Earth in 2018 is about 7.5 billion people. Of these, 1.5 billion people live in China, which is 20 % of the total. Based on these statistics, China is the leader in terms of population.

According to an independent assessment at the end of 2016, the population of China was 1 382 494 824 people, in 2017 it was 1 401 109 752. Fig. 1 shows China's population growth trend from 1952 to 2016.

Fig. 1 shows a tendency of reducing population growth. This factor is not an accident, but deliberate actions of the authorities.

China was forced to legislatively restrict the size of the family in the 1970s, when it became clear that a huge number of people were overloading the land, water and energy resources of the country.

With such amount of population, ensuring its safety and comfort itself became a priority task of the state.

With the ratio of population to area, China ranks 9th, with a population density of 648 people per 1 km², or 0.648 people per 1 m².

Such an indicator, as population density, has a great influence on all spheres of activity of China, especially on the construction industry [1]. Due to the high density

of population, in designing buildings and structures in China, its carrying capacity becomes the main parameter [2–7].

The purpose of this article is to determine the speed of free movement of the main composition of the human flow in the gynecological department of a clinic in China.

In the initial stage of the fire, the vast majority of communication paths are used as evacuation routes and exits [8–10]. In these situations, they are a fire protection system for a building or structure [11–13].

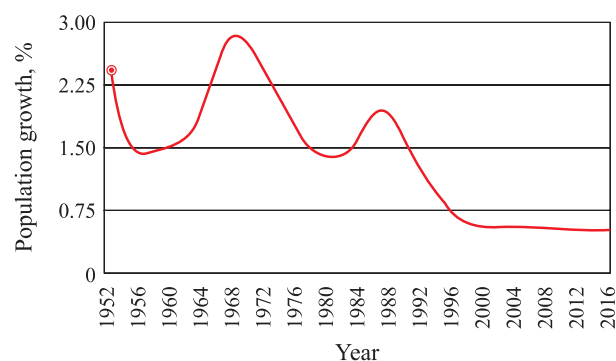


Fig. 1. The increase in the population of China in 1952–2016



Fig. 2. The process of visual method of carrying out full-scale observations of human movement

Communication paths of buildings should ensure the comfort of movement of people during their daily stay in the building, free movement of people in the event of their early (evacuation) evacuation from the building when approaching emergency situations of natural origin or the threat of terrorist attacks, as well as the unhindered and timely simultaneous evacuation of people technogenic accidents and in case of fire [13, 14].

In order to provide these functions with communication routes, it is necessary to analyze the size of the formed human flows, staying in buildings of various functional purposes, depending on the kinematics of their movement, the psychophysiological properties of their constituent people, and psycho-physically determined [15–17] relationships between flow parameters [18–20].

During the passage of the practice of sharing international experience between the National Research Moscow State University of Construction and Harbin University of Technology in 2017, the postgraduate student of the NRU MGSU O. S. Zosimova managed to organize full-scale observations of the speed of free movement of gynecological patients in the clinic of Harbin Polytechnic University. For reference: Harbin is

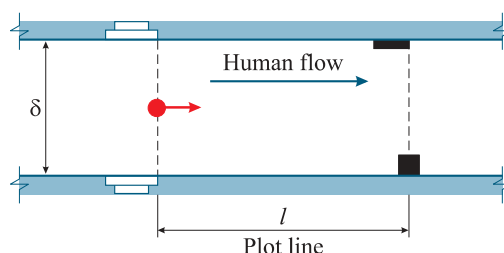


Fig. 3. Scheme of the section of the path on which the density and flow velocity are measured

located in the northeast of China and is the administrative center of Heilongjiang Province.

Observations were conducted in the corridor of the 2nd floor of the polyclinic, where the gynecological office was located.

Currently, there are two methods of field observations: visual method of observation and using video-photo equipment.

Considering the lack of the ability to use the film method of field observations, a visual method was used [21, 22]. In this connection, the time interval during which the distance traversed by the observed person was counted was determined, and flux density D (person/m²). For the accuracy and uniformity of the observation, a noticeable object (checkpoint) was chosen, namely the beginning of the seats in the corridor (Fig. 2).

Methods

After selecting the time interval, the control point and the observed person, the following steps were taken.

When the observed person crossed the visual line, the number of floor tiles passed by him over a time interval of 5 seconds was calculated (Fig. 3).

It is necessary to note the following. The importance of the choice of a constant in the form of time in both the visual and film methods of field observations was first substantiated by prof. V. V. Kholshchevnikov in his works [23].

Previously, using the visual method of field observations, the distance traveled by the observed value was taken as a constant value. However, during the performing mathematical calculations with the data of field ob-

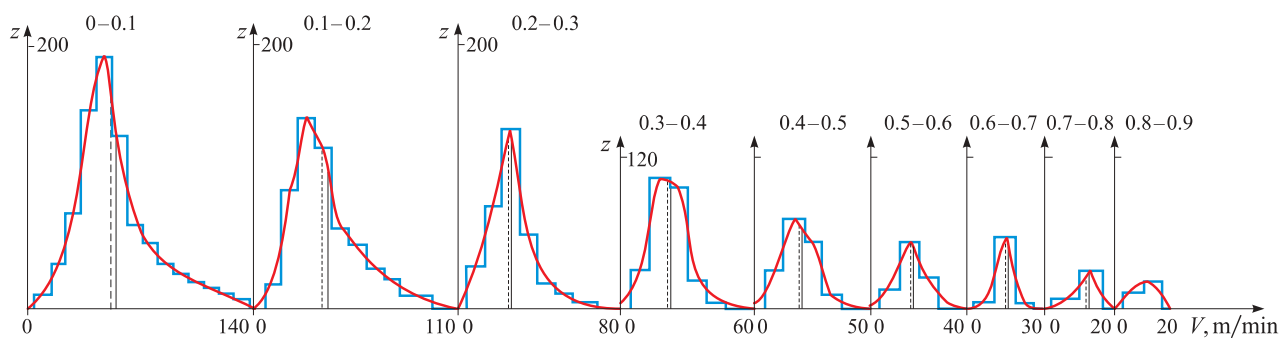


Fig. 4. Examples of histograms and polygons of velocity distribution along horizontal paths obtained by the visual method (z — F-test)

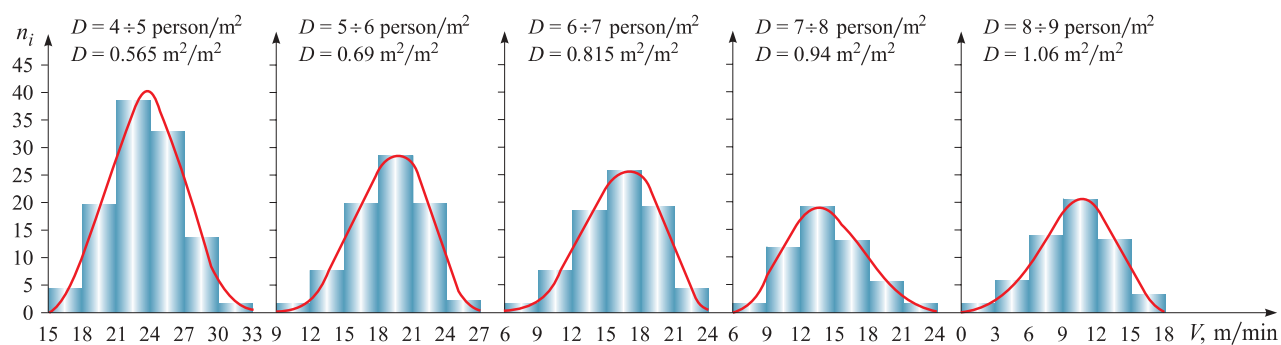


Fig. 5. Normal distribution of the speed of movement of people obtained at the film method (n_i is number of observations)

servations obtained by the visual method, V. V. Kholshchevnikov came to the conclusion that when using the visual method, the function gives the form of an asymmetric form of the probability density distribution law (Fig. 4), so that it is impossible to determine the actual form of the distribution law from the data of the visual observation method [24–26].

In all the studies conducted by the film method, normal distribution laws were obtained (Fig. 5).

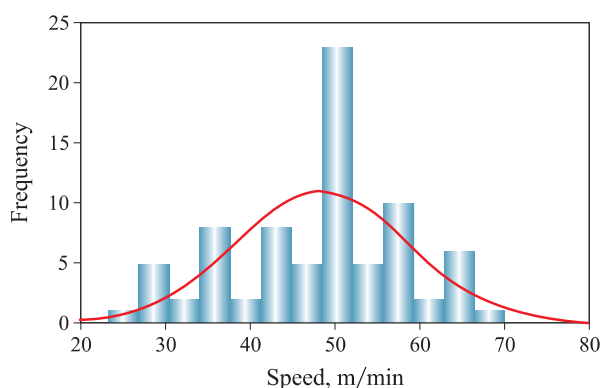


Fig. 6. Speed of movement of the patients of the gynecological department in China: the number of observations is 78; mathematical expectation μ is 48.4 m/min; standard deviation δ is 10.12 m/min; confidence interval for the mean: lower limit is 46.12 m/min, upper limit is 50.68 m/min

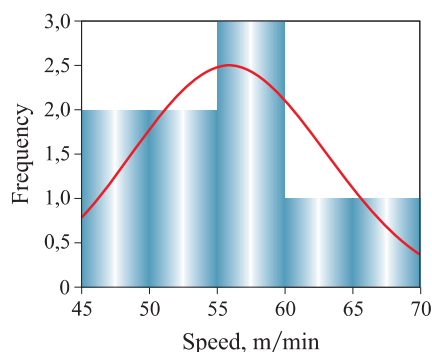


Fig. 7. Speed of movement of medical personnel of gynecological department in China: number of observations is 9; mathematical expectation μ is 55.9 m/min; standard deviation δ is 6.72 m/min; confidence interval for the mean: lower limit is 50.75 m/min, upper limit is 61.1 m/min

The current situation led to a modification of the visual method of field observations. The solution was the following: when carrying out the visual method of field observations for a constant, the time taken by a person to go through a particular section of the path is taken.

Results

To differentiate the results of observations, the following indicators were chosen: gender, age, professional affiliation (Fig. 6–8).

Got during realization of experiment data about average speed of free movement V of patients of gynecological department clinics on a horizontal path in China are represented in Table 1.

Although women make up the basic human composition of the gynecological department, it was also in-

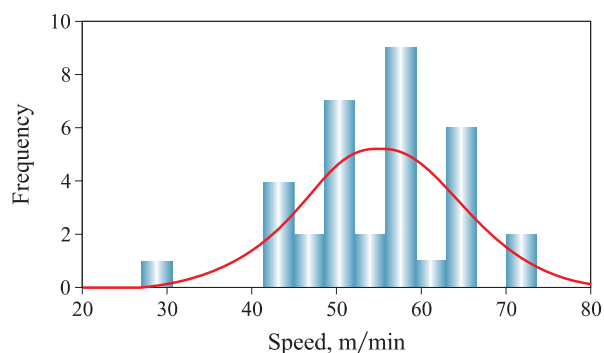


Fig. 8. Speed of movement of men in the gynecological department in China: number of observations is 34; mathematical expectation μ is 55.1 m/min; standard deviation δ is 9.18 m/min; confidence interval for the mean: lower limit is 51.9 m/min, upper limit is 58.3 m/min

Table 1. Average speed of free movement V of patients of gynecological department clinics on a horizontal path in China

No.	Category of observed patients (age, years)	V , m/min
1	Women 20–30	48.8
2	Women 31–45	48.4
3	Women 46–70	42.5

Table 2. Average speed of free movement of doctors (men and women) gynecological department of the polyclinic and of men on a horizontal path in China

No.	Category of observed people	V , m/min
1	Doctors (men and women)	55.76
2	Men	55.10

interesting to determine the speed of free movement of doctors, as well as men (Table 2).

Conclusion

The data of the table show that the values of the speed of movement of Chinese women differ from the spe-

ed of Russians, but it is somewhat lower. It is assumed that this difference is associated with smaller anthropometric body size, and accordingly the length of the step.

As a result of the present study, one of the tasks has been established: the speed of free (without the influence of density) movement of pregnant women has been established in different types of pathway. The obtained results are necessary for constructing a fire safety system for the protection object, but not sufficient, since the behavior of pregnant women in the initial stage of the fire and the time spent at this stage have not been established, and the flow parameters have not been established, however, studies in this area are actively continuing.

REFERENCES

1. M. J. Kinsey, S. M. V. Gwynne, E. D. Kuligowski, M. Kinatader. Cognitive biases within decision making during fire evacuations. *Fire Technology*, 2018, pp. 1–21. DOI: 10.1007/s10694-018-0708-0.
2. J. Sime. *Escape behaviour in fires: panic or affiliation?* PhD thesis. Guildford, University of Surrey, 1984.
3. S. M. V. Gwynne, E. D. Kuligowski, M. J. Kinsey. Human behaviour in fire — model development and application // *Proceedings of the Human Behaviour in Fire Conference*. Available at: https://scholar.google.co.jp/citations?user=Coh3dTgAAAAJ&hl=ja#d=gs_md_cita-d&u=%2Fcitations%3Fview_op%3Dview_citation%26hl%3Dja%26user%3DCoh3dTgAAAAJ%26citation_for_view%3DCoh3dTgAAAAJ%3A0EnyYjriUFMC%26tzm%3D-180 (Accessed 5 September 2018).
4. E. D. Kuligowski, S. M. V. Gwynne, M. J. Kinsey, L. Hulse. Guidance for the model user on representing human behavior in egress models. *Fire Technology*, 2017, vol. 53, issue 2, pp. 649–672. DOI: 10.1007/s10694-016-0586-2.
5. D. Canter (ed.). *Fires and human behaviour*. Chichester, Wiley, 1980.
6. D. Kahneman, G. Klein. Conditions for intuitive expertise: A failure to disagree. *American Psychologist*, 2009, vol. 64, issue 6, pp. 515–526. DOI: 10.1037/a0016755.
7. M. Medyanik, O. Zosimova. Key problems of fire safety enforcement in traffic and communication centers (TCC). *IOP Conference series: Earth and Environmental Science*, 2017, vol. 90, article no. 012151. DOI: 10.1088/1755-1315/90/1/012151.
8. D. Korolchenko, V. Kholshchevnikov. Conceptual problems of high-rise construction and differentiation of research within the urban environment system. *MATEC Web of Conferences*, 2017, vol. 106, article no. 01038. 12 p. DOI: 10.1051/mateconf/201710601038.
9. V. A. Markeev, S. S. Voevoda, D. A. Korolchenko. Fire protection of tank farm objects of Rosneft NK OAO. *Neftyanoye khozyaystvo / Oil Industry*, 2006, no. 9, pp. 83–85 (in Russian).
10. D. Korolchenko, S. Voevoda. Influence of dispersion degree of water drops on efficiency of extinguishing of flammable liquids. *MATEC Web of Conferences*, 2016, vol. 86, article no. 04056. 7 p. DOI: 10.1051/mateconf/20168604056.
11. D. Korolchenko, A. Pizhurin. Simulating operational control of production in lumber house building businesses. *MATEC Web of Conferences*, 2017, vol. 117, article no. 00084. 7 p. DOI: 10.1051/mateconf/201711700084.
12. D. A. Korolchenko, V. M. Cherkina, A. A. Evich. The silica cloth efficiency in curtains for fire prevention. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti / News of Higher Educational Institutions. Technology of Textile Industry*, 2017, no. 4(370), pp. 107–111 (in Russian).
13. V. Kholshchevnikov, D. Korolchenko, O. Zosimova. Efficiency evaluation criteria of communication paths structure in a complex of buildings of maternity and child-care institutions. *MATEC Web of Conferences*, 2017, vol. 106, article no. 01037. 11 p. DOI 10.1051/mateconf/201710601037.
14. V. V. Kholshchevnikov, D. A. Samoshin. Modeling and reality of evacuation process. In: *Proceedings of 13th International Conference "Interflam 2013"*. London, UK, Royal Holloway College, University of London, 2013, pp. 509–514. Available at: http://www.fireevacuation.ru/files/Interflam2013/InterFlam_2013_Samoshin_paper.pdf (Accessed 3 September 2018).

15. G. Th. Fechner. *Elemente der psychophysik*. Zweite Auflagen. Leipzig, Breitkopf und Härtel, 1889. 378 s. (in Germany).
16. Yu. M. Zabrodin, A. N. Lebedev. *Psikhofiziologiya i psikhofizika* [Psychophysiology and psychophysics]. Moscow, Nauka Publ., 1977. 288 p. (in Russian).
17. J. J. Fruin. *Pedestrian planning and design*. New York, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, Inc., 1971. 206 p.
18. O. S. Zosimova. Features of ensuring fire safety of institutions protecting motherhood and childhood. In: *Stroitelstvo — formirovaniye sredy zhiznedeyatel'nosti: sbornik materialov XIX Mezhdunarodnoy mezhvuzovskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, magistrantov, aspirantov i molodykh uchenykh* [Construction — formation of the environment of life activity. Proceedings of the XIX International Interuniversity Scientific and Practical Conference of Students, Undergraduates, Graduate Students and Young Scientists]. Moscow, National Research Moscow State University of Civil Engineering Publ., 2016, pp. 473–476 (in Russian).
19. V. V. Kholshchevnikov. *Relationship between parameters of human flow*. Diploma No. 24-S on the discovery in the field of social psychology. Moscow, Russian Academy of Natural Sciences, International Academy of Authors of Scientific Discoveries and Inventions, International Association of Authors of Scientific Discoveries Publ., 2005 (in Russian).
20. V. V. Kholshchevnikov, A. N. Giletich, D. V. Ushakov, A. P. Parfenenko. The general pattern between parameters of the movement of a human flow for different contingent in the buildings and constructions. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 12, pp. 32–41 (in Russian).
21. V. V. Kholshchevnikov, D. A. Samoshin, I. I. Isaevich. *Naturnyye nablyudeniya lyudskikh potokov* [Natural observations of human flows]. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia, 2009. 191 p. (in Russian).
22. J. L. Pauls. Building Evacuation: Findings and Recommendations. In: D. Canter (ed.). *Fires and Human Behaviour*. London, John Wiley, 1980, pp. 251–276.
23. V. V. Kholshchevnikov. The effect of field observation methods on determining numeric characteristics of the law of human flow velocity distribution. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 8, pp. 71–80 (in Russian).
24. V. E. Gmurman. *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika* [Theory of probability and mathematical statistics]. 9th edition. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2003. 479 p. (in Russian).
25. V. V. Kholshchevnikov. Statistics of dependencies between the parameters of human flows. In: *Issledovaniya po osnovam arkhitekturnogo proyektirovaniya (metodologicheskiye, funktsionalnyye, esteticheskiye i fiziko-tekhnicheskkiye problemy arkhitektury)* [Studies on the basics of architectural design (methodological, functional, aesthetic and physical and technical problems of architecture)]. Tomsk, Tomsk University Publ., 1983, pp. 155–174 (in Russian).
26. V. V. Kholshchevnikov. Forecast of human behavior during fire evacuation. In: *Emergency evacuation of people from buildings. Proceedings of International Scientific and Technical Conference*. Poland, Warsaw, 2011, pp. 139–153.

Received 26 October 2018

For citation: O. S. Zosimova, D. A. Korolchenko. Full-scale observations of the speed of free movement of gynecological patients in China. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, no. 12, pp. 27–36. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.12.27-36.

И. В. ГРИГОРЬЕВ, магистр информационных систем, автор изобретения, главный конструктор, ведущий разработчик изделия (e-mail: grigoryev.igor.com)

В. В. КУТУЗОВ, канд. 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: kutuzov-w@mail.ru)

В. А. БЕЗРУКОВ, канд. техн. наук, доцент, доцент факультета безопасности информационных технологий, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (ИТМО) (Россия, 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский просп., 49; e-mail: bezrukov.1950@mail.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 614.842.435

ЭЛЕКТРОИНДУКЦИОННЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ АЭРОДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЫ И РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ КАБЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ И ДРУГИХ МАТЕРИАЛОВ

Обоснована необходимость применения электроиндукционного метода контроля параметров аэродисперсной системы среды для решения задач раннего обнаружения пожароопасной ситуации. Предложено для решения задачи раннего обнаружения потенциального загорания обеспечить круглосуточный мониторинг наличия (появления) в воздухе аэродисперсной системы — газодымовых аэрозолей электроиндукционным методом контроля ее параметров, который позволяет анализировать изменения в широком диапазоне фракций аэрозольных частиц. Подтвержден факт обнаружения извещателем ИП 216-М5 газодымовых аэрозолей в аэродисперсной системе при нагреве среды и конструктивных элементов в районе возможного очага пожара.

Ключевые слова: термическое разложение; газодымовая аэрозоль; аспирационный пожарный извещатель; предотвращение загорания; датчик “запаха гари”; частицы дыма; анализ дисперсной среды.

DOI: 10.18322/PVB.2018.27.12.37-48

Введение

Раннее обнаружение потенциального очага загорания дает возможность предотвратить пожар, а в случае его возникновения ликвидировать его последствия с минимальными затратами. Это возможно, если признаки горения обнаруживаются автоматическими системами пожарной сигнализации на стадии начального термического разложения горючих материалов. Известно, что основными информационными характеристиками пожара являются такие параметры, как температура, электромагнитное излучение пламени, дымообразование и выделение токсичных газов. Задача обнаружения перегрева

электроизоляционных материалов, возникающего вследствие перегрузки оборудования при температурах менее 200 °С (т. е. задолго до температуры их самовоспламенения), может быть решена с помощью пожарных извещателей, работающих на принципе электроиндукционного метода обнаружения частиц дыма. К таким приборам относится извещатель пожарный ИП 216-М5, селективная чувствительность которого к высокодисперсным частицам дыма позволяет сократить время обнаружения медленно развивающегося загорания и принять необходимые меры по его предупреждению на самом раннем этапе развития пожароопасной ситуации [1].

© Григорьев И. В., Кутузов В. В., Безруков В. А., Корольков А. П., Османов Ш. А., 2018

Этот метод ориентирован, в первую очередь, на работу в системах предупреждения аварий электротехнического и энергетического оборудования, так как он дает возможность обнаружить потенциальный очаг загорания до возникновения открытого пламени и перехода процесса загорания в первую стадию пожара.

Основная цель применения электроиндукционного метода обнаружения частиц дыма с использованием извещателя ИП 216-М5 — дополнить набор существующих средств пожарной автоматики высокочувствительными извещателями раннего обнаружения пожароопасной ситуации и обеспечить импортозамещение дорогостоящего оборудования иностранных производителей.

Электроиндукционный метод исследования параметров аэродисперсной системы и обнаружения пожароопасной ситуации

Постановка задачи

Анализ процесса, приводящего к возгоранию, показывает, что развитие пожара зачастую начинается с появления слабых изменений физических характеристик среды рядом с местом возгорания.

Полагается, что для раннего обнаружения потенциального пожара на объекте защиты, где в качестве основной пожарной нагрузки выступают материалы с высокой дымообразующей способностью, достаточно контролировать состояние воздушной среды на предмет наличия в ней аэрозольных продуктов термоокислительной деструкции — частиц дыма, появляющихся при низкотемпературном термическом разложении различных горючих материалов, в том числе полимеров. Эти продукты достаточно быстро распространяются воздушными потоками и могут быть зарегистрированы пожарными извещателями, установленными на защищаемом объекте [1–5].

Аэрозоль (дым) — это аэродисперсная система, представляющая собой совокупность твердых или жидких частиц, взвешенных в газовой среде. Дисперсионные аэрозоли образуются в результате измельчения или распыления исходного материала и перевода его во взвешенное состояние, конденсационные аэрозоли — вследствие объемной конденсации насыщенных паров либо газовых реакций, ведущих к образованию нелетучих продуктов. Дисперсионные аэрозоли содержат значительно более крупные частицы, чем конденсационные, и в силу особенностей образования представляют собой полидисперсные системы. В конденсационных аэрозолях твердые частицы состоят из большого количества первичных частиц шарообразной или правильной кристаллической формы. Для аэродис-

персных систем характерен процесс коагуляции, под которым понимается объединение мелких частиц в более крупные под влиянием сил сцепления. При коагуляции жидких капелек образуются капли с шарообразной или эллипсоидной формой. В случае коагуляции твердых частиц образуются различные агрегаты неправильных форм с сильно развитой поверхностью, иногда их называют кластерами. В атмосфере встречаются как конденсационные, так и дисперсионные аэрозоли [1–4, 6–8].

Аэродисперсная система никогда не бывает устойчивой, поскольку в ней протекают процессы переноса воздушных масс, дисперсионные и конденсационные процессы, возникают вихревые потоки, происходит коагуляция частиц, седиментация под действием силы тяжести, испарение и пр. Все это приводит к тому, что аэрозольные измерения носят статистический характер.

Для раннего обнаружения продуктов термоокислительной деструкции наиболее перспективны дымовые пожарные извещатели, поскольку выход дымового аэрозоля на ранней стадии термического разложения материалов (до воспламенения) в 2–5 раз превышает по массе выход газообразных продуктов, а химический состав аэрозольных (дымовых) частиц не влияет на работу извещателей [1–4, 7, 9].

Газовые пожарные извещатели также могут оказаться весьма эффективным средством для раннего обнаружения пожароопасной ситуации. Однако они имеют существенный недостаток: они в состоянии зарегистрировать в воздушной среде лишь один или несколько конкретных газов, выделяющихся при термическом разложении материалов. Вместе с тем нет никакой гарантии, что термоокислительная деструкция в начальной стадии будет сопровождаться выделением именно тех газов, на которые реагирует конкретный газовый пожарный извещатель [1]. В связи с отсутствием выверенной методики применения газовых пожарных извещателей возникают проблемы при их эксплуатации, в частности большое количество ложных срабатываний.

Наиболее широкое распространение в настоящее время получили оптические дымовые пожарные извещатели [1–3, 6–8, 10]. Однако их технические характеристики не позволяют обнаружить дымовые частицы размером менее 0,2 мкм (из-за дифракции), в результате чего из анализа выпадает более 95 % аэрозольных частиц из диапазона от 0,01 до 1 мкм. Именно поэтому применение оптических пожарных извещателей для обнаружения потенциальных загораний на ранней стадии развития, а также для идентификации пожароопасной ситуации не представляется возможным [1].

Для раннего обнаружения пожароопасной ситуации можно использовать ионизационные дымовые

пожарные извещатели, так как они способны анализировать широкий спектр частиц дыма. Их действие основано на том, что дым, попадая в ионизационную камеру, уменьшает электрическую проводимость газов за счет осаждения части легких газовых ионов на частицы дыма, электрическая подвижность которых значительно меньше, чем у первых [4, 6, 11]. Однако они имеют ограничения по чувствительности и возможности регистрации субмикронных частиц дыма, которые по подвижности близки к газовым ионам. Кроме того, применение закрытых радиоактивных источников требует контроля радиационной безопасности и учета радиоактивных веществ. В связи с этим использование этих извещателей существенно ограничено [1].

Применение аспирационных систем обнаружения пожаров, несомненно, показало их высокую эффективность, однако их чувствительным элементом является оптопара. Кроме того, эти системы в основном зарубежного производства либо большинство их компонентов изготовлены за рубежом, что обуславливает их высокую стоимость. Исходя из взятого нашей страной курса на импортозамещение в секторе промышленности и экономики, применение данных систем в настоящее время неэффективно.

Материалы и методы

Выбор материалов для проведения экспериментов по применению электроиндукционного метода для обнаружения начала их термического разложения проводился исходя из того, что изоляция электротехнических материалов может подвергаться перегреву в связи с увеличением силы тока, протекающего по жилам кабельной продукции, из-за аварийной ситуации, возникшей при работе электрооборудования.

Электроиндукционный метод контроля параметров аэродисперсной системы позволяет непрерывно анализировать изменения в широком диапазоне спектра аэрозольных частиц и обладает высокой чувствительностью.

Электроиндукционный метод обнаружения пожароопасной ситуации заключается в том, что измеряется объемный электрический заряд исследуемого аэрозоля, который прокачивается побудителем расхода через измерительную линию, состоящую из зарядной и измерительной камер. В зарядной камере аэрозольные частицы получают электрический заряд, пропорциональный их размеру. В дальнейшем заряженные частицы, проходя через измерительную камеру, наводят на нее заряд, величина которого зависит от их размера и счетной концентрации. Величина заряда, получаемого в измерительной камере, усиливается и подвергается последу-

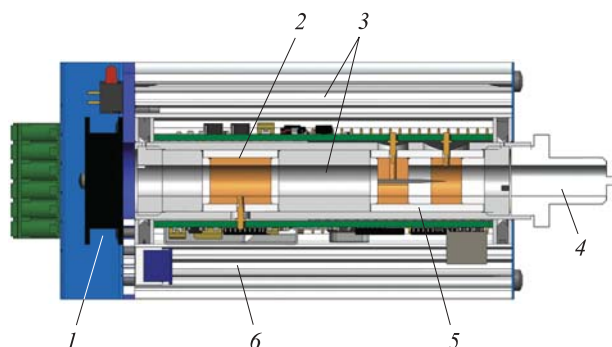


Рис. 1. Конструкция электроиндукционного автоматического пожарного извещателя ИП 216-М5: 1 — вентилятор; 2 — измерительная камера; 3 — высоковольтная плата; 4 — штуцер забора воздуха; 5 — зарядная камера; 6 — плата обработки

Fig. 1. Schematic of an electro-inductive automated fire detector IP 216-M5: 1 — fan; 2 — metering chamber; 3 — high voltage board; 4 — air inlet fitting; 5 — charging chamber; 6 — processing board

ющей обработке. В результате формируется тот или иной полезный сигнал.

Конструкция пожарного извещателя ИП 216-М5, реализующего электроиндукционный метод обнаружения загораний, приведена на рис. 1.

Достоверность контролируемых параметров аэродисперсной системы тем выше, чем шире диапазон размеров анализируемых аэрозольных частиц и больше объем анализируемой пробы. Эти два критерия являются очень важными для аэрозольных (дымовых) пожарных извещателей, так как они напрямую влияют на помехозащищенность от случайных сигналов и на время обнаружения пожароопасной ситуации.

Исследования естественных фоновых изменений спектров распределения аэрозольных частиц по размеру показали, что в воздушной среде постоянно присутствуют мельчайшие аэрозольные частицы размером от 0,01 мкм и менее до единиц мкм [1–3, 6, 12–15]. В 1 дм³ атмосферы может находиться около 2 миллионов таких частиц (табл. 1).

Естественные изменения фоновых фракционных концентраций незначительны и представлены в табл. 2 и 3.

В случае нестандартных (нештатных) ситуаций (дым от сигареты, перегоревшего двигателя и т. п.) изменения фракционных концентраций начинают проявляться сначала в области высокодисперсных (из самых мелких фракций) аэрозолей, а затем плавно (в течение десятков минут) сдвигаются к фракциям с размером частиц 1 мкм [1].

Таким образом, для раннего обнаружения нестандартной или пожароопасной ситуации необходимо следить за высокодисперсной (с размером частиц менее 0,1 мкм) частью спектра распределения частиц. Это позволит на десятки минут и более сократить

Таблица 1. Распределение аэрозольных частиц, содержащихся в 1 дм³ воздушной среды, по 8 фракциям в диапазоне от 0,01 до 1 мкм

Table 1. The distribution of aerosol particles in 8 fractions within the range of 0,01 to 1 μm contained within 1 dm³ cubic decimeter

Параметр Parameter	Номер фракции / Fraction number							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Средний диаметр частиц, мкм / Average particle diameter, μm							
	0,0133	0,0237	0,0422	0,075	0,133	0,237	0,422	0,75
Среднее число частиц в 1 дм ³ Average particle amount within 1 dm ³	556000	556000	450000	262000	148000	60000	12000	2000
Доля фракции в общем объеме частиц, % масс. Proportion of fraction in total volume, % by mass	27	27	22	12,8	7,2	2,9	0,58	0,1

Таблица 2. Собственные колебания фоновых фракционных концентраций при отсутствии источников, выделяющих аэрозоль (значения пронормированы по № 8 (N_{8cp}))

Table 2. Background fractional concentrations' fluctuation when aerosol-distribution sources are absent (values are normalized by No. 8 (N_{8avg}))

Параметр Parameter	Номер фракции N_i / Fraction number N_i							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$N_{i min} / N_{8cp} / N_{i min} / N_{8avg}$	139	168	136	95	59	17	2	0,26
$N_{i cp} / N_{8cp} / N_{i avg} / N_{8avg}$	278	278	225	131	74	30	6	1
$N_{i max} / N_{8cp} / N_{i max} / N_{8avg}$	537	377	317	160	103	50	11,2	2,6

Таблица 3. Собственные колебания фоновых фракционных концентраций в относительных значениях при отсутствии источников, выделяющих аэрозоль

Table 3. Relative values of background fractional concentrations' fluctuation when aerosol-distribution sources are absent

Параметр Parameter	Номер фракции N_i / Fraction number N_i							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$N_{i min} / N_{i cp} / N_{i min} / N_{i avg}$	0,5	0,6	0,6	0,7	0,79	0,57	0,33	0,26
$N_{i cp} / N_{i cp} / N_{i avg} / N_{i avg}$	1	1	1	1	1	1	1	1
$N_{i max} / N_{i cp} / N_{i max} / N_{i avg}$	1,93	1,35	1,4	1,21	1,38	1,66	1,86	2,6

время обнаружения загорания дымовыми пожарными извещателями [1–3, 6, 16, 17].

Дымовые извещатели, работающие на основе электроиндукционного метода, обладают повышенной чувствительностью к высокодисперсным частицам. Это обусловлено тем, что мелкие частицы вносят самый значительный вклад в увеличение объемного суммарного электрического заряда при нестандартных или нештатных ситуациях за счет своего количества. Помимо этого, в увеличение заряда вносят свою долю и те частицы, размеры которых близки к размерам отдельных молекул. Правда, следует отметить, что зарядка их носит случайный характер, тем не менее их доля все равно значительна.

Социальный и экономический эффект от производства и внедрения электроиндукционного извещателя ИП 216-М5 обуславливается:

- невысокой стоимостью извещателя, которая в 5 раз ниже по сравнению с аспирационными извещателями аналогичного функционала;
- отечественным происхождением комплектующих извещателя.

Определение начальных температур термического разложения изоляционных материалов

Результаты и их обсуждение

Для решения задачи обнаружения перегрева изоляционных материалов, возникающего вследствие перегрузки оборудования, и определения температуры, при которой начинается их термическое разложение, сопровождающееся выделением аэрозоля, проведена серия экспериментов с использованием электроиндукционного пожарного извещателя.

Граничные условия эксперимента:

- помещение площадью 120 м^2 , с высотой потолка 3,5 м;
- температура воздуха в помещении $22 \text{ }^{\circ}\text{C}$, атмосферное давление 754 мм рт. ст.;
- работа с выделением аэрозоля в помещении не проводится;
- в помещении работает система очистки воздуха, ведется постоянный контроль за его чистотой.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 2.

Нагрев образцов осуществляется в паяльной ванночке СТ-11С (рис. 3), которая на рис. 2 обозначена как плита. Перед каждым экспериментом паяльная ванночка прокаливается для выжигания случайно попавших в нее материалов. Испытуемые материалы укладываются в ванночку в предварительно прокаленной алюминиевой фольге. Максимальная температура нагрева паяльной ванночки $500 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Средняя скорость нагрева $45 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Расстояние от дна ванночки до воздухозаборного отверстия извещателя ИП 216-М5 $H = 7 \text{ см}$.

Масса испытуемых образцов лежит в пределах от 0,1 до 3 г. После окончания каждого эксперимента

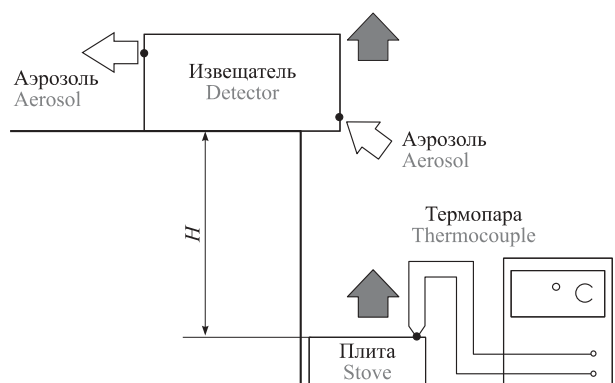


Рис. 2. Схема размещения оборудования

Fig. 2. Equipment placement scheme

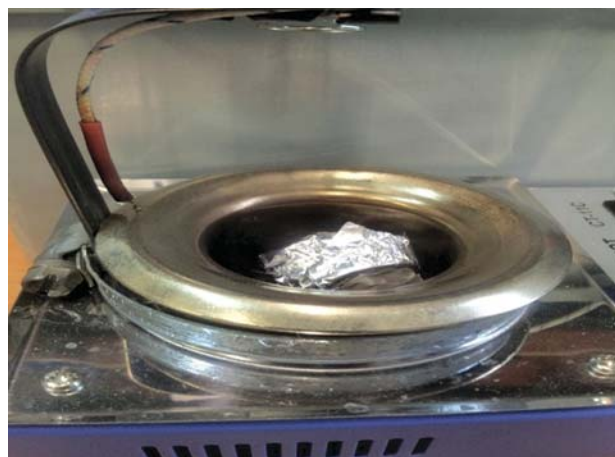


Рис. 3. Паяльная ванночка СТ-11С

Fig. 3. Soldering pot ST-11S

остатки образца утилизируются вместе с фольгой. Массовая фоновая концентрация аэрозоля в помещении поддерживается на уровне $0,01 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Используемое оборудование и приборы

Контроль температуры нагрева проводится с помощью мультиметра с термопарой в режиме измерения температуры с шагом $1 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Начало процесса термического разложения фиксируется электроиндукционным пожарным извещателем ИП 216-М5 (рис. 4).

Основные технические характеристики извещателя ИП 216-М5:

- размеры контролируемых частиц — от 0,01 до десятков мкм;
- рабочий диапазон по массовой концентрации аэрозоля — от $0,01$ до десятков $\text{мг}/\text{м}^3$, погрешность метода — 20 %.

В извещатель ИП 216-М5 введены следующие настройки:

- первый порог (Alarm) — 1,5 фоновых значения ($0,015 \text{ мг}/\text{м}^3$);
- второй порог (Fire) — 3 фоновых значения ($0,03 \text{ мг}/\text{м}^3$);
- временные задержки по первому порогу — 3 с;
- временные задержки по второму порогу — 5 с.

Температура разложения испытуемого материала определяется по показаниям термопары, чувствительный элемент которой соприкасается с нагреваемой поверхностью паяльной ванночки.

В ванночку кладется в алюминиевой фольге обезжиренный испытуемый образец материала и включается нагрев. В процессе разогрева материала наступает момент, когда начинается его термическое разложение, сопровождающееся выделением в атмосферный воздух частиц разлагающегося материала, увеличивающих массовую концентрацию аэрозоля. Когда в зоне контроля извещателя ИП 216-М5 массовая концентрация аэрозоля увеличится до

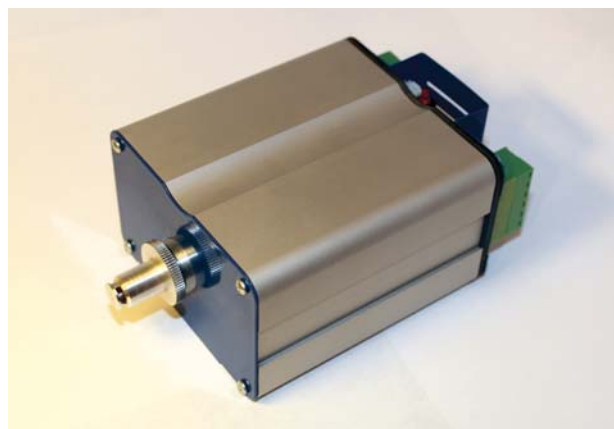


Рис. 4. Электроиндукционный пожарный извещатель ИП 216-М5

Fig. 4. Electrostatic induction fire detector IP 216-M5

Таблица 4. Температуры начала и стабилизации термического разложения материалов или образцов кабельной продукции, сопровождающегося выделением аэрозоля

Table 4. Temperatures, at which thermal decomposition begins, followed by aerosol discharge

Группа Group	Диапазон температур Alarm-Fire, °C Temperature range of Alarm-Fire, °C	Образец Sample
А А (100–140 °C)	100–134	Бумага термостойкая Heat resistant paper
	113–127	Хлопчатобумажная ткань Cotton fabric
	115–143	Древесина, сосна Wood, pine
	134–140	Воздухозаборная труба аспирационных извещателей Aspiration detectors' intake tube
Б В (140–180 °C)	140–170	Утеплитель ИЗОВЕР Heater IZOVER
	146–180	Поролон Foam rubber
	146–198	Провод КПСЗнг(А)-FRLS 2×2 Wire KPSZng(A)-FRLS 2×2
	150–180	Древесина, дуб Wood, oak
	154–187	Древесина, осина Wood, aspen
	155–162	Провод ШВВП Wire ShVVP
	156–190	Кабель КСРВнг(А)-FRLSLTx 1×2×0,80 Cable KSRVng(A)-FRLSLTx 1×2×0.80
	156–200	Кабель Parlans/ftcat 6а 4×2×0,57 Cable Parlans/ftcat 6a 4×2×0.57
	164–170	Картон Cardboard
	169–170	Резина Rubber
	170–173	Труба ПВХ армированная, прозрачная PVC pipe reinforced, transparent
	170–175	Провод Севкабель ПВС, внешняя изоляция PVS Sevkael wire, external insulation
	172–175	Винипласт Viniplast
	179–187	Кабель КПКРВнг(А)-FRLS 4×0,75 Cable KPKRVng(A)-FRLS 4×0.75

Окончание табл. 4 / End table 4

Группа Group	Диапазон температур Alarm-Fire, °C Temperature range of Alarm-Fire, °C	Образец Sample
В С (180–220 °C)	180–190	Кабель ВВГнг(А)-LS 3×2,5 Cable VVGng(A)-LS 3x2.5
	180–200	Пенопласт Styrofoam
	180–207	Провод TELECOM CRTSE FTR 24AW3 TIA/EIA Wire TELECOM CRTSE FTR 24AW3 TIA/EIA
	184–193	Полиэтилен, пленка Polyethylene
	190–198	Кабель канал Cablechannel
	190–205	Оргстекло Plexiglass
	190–226	Труба металлопластиковая Metal-plastic pipe
	194–200	Полипропилен Polypropylene
	198–203	Провод Севкабель ПВС, изоляция на проводниках PVS Sevkael wire, insulation on conductors
	200–220	Кабель Транскаб КМЭПнг(А)-HF 3×0,5 Cable Transkab KMEPng(A)-HF 3x0.5
	200–236	Кабель Транскаб DATABUSSF/UTRнг(А)-HF 1×2×0,90 Cable Transkab DATABUSSF/UTRng(A)-HF 1x2x0.90
	202–212	Труба гофрированная, серая Corrugated pipe, grey
	207–218	Труба ПВХ, прозрачная PVC pipe, transparent
	217–220	Кабель Транскаб DATABUSSF/UTRнг(А)-HF 1×4×0,9 Cable Transkab DATABUSSF/UTRng(A)-HF 1x4x0.9
Г Д (свыше 220 °C)	230–243	Труба гофрированная, черная Corrugated pipe, black
	302–325	Провод МГТФ-0,2 Wire MGTF-0.2

1,5 фоновых значений в течение не менее 3 с, извещатель срабатывает по первому порогу (Alarm). В этот момент фиксируется начало термического разложения испытуемого образца, а по показаниям термопары определяется начальная температура разложения.

Таблица 5. Температура начала термического разложения материалов $t_{т.р}$ и температура их самовозгорания $t_{с.в}$
Table 5. Temperatures, at which thermal decomposition begins $t_{th,d}$ and auto ignition temperatures for following materials $t_{a,i}$

№ п/п No.	Образец Sample	Alarm-Fire $t_{т.р}, ^\circ\text{C}$ Alarm-Fire $t_{th,d}, ^\circ\text{C}$	$t_{с.в}, ^\circ\text{C}$ $t_{a,i}, ^\circ\text{C}$
1	Бумага термостойкая Heat resistant paper	100–134	230
2	Древесина, сосна Wood, pine	115–143	270
3	Поролон Foam rubber	146–180	450
4	Древесина, дуб Wood, oak	150–180	250–300
5	Древесина, осина Wood, aspen	154–187	275
6	Картон Cardboard	164–170	278
7	Резина Rubber	169–170	350
8	Винипласт Viniplast	172–175	> 600
9	Пенопласт Styrofoam	180–200	491
10	Полиэтилен, пленка Polyethylene, film	184–193	350–422
11	Оргстекло Plexiglass	190–205	280–300
12	Полипропилен Polypropylene	194–200	350
13	Труба ПВХ, прозрачная PVC pipe, transparent	207–218	454
14	Провод МГТФ-0,2 Wire MGTF-0.2	302–325	537–600

Затем, если продолжается рост массовой концентрации аэрозоля и когда она достигает не менее 3 фоновых значений в течение не менее 5 с, извещатель срабатывает по второму порогу (Fire), подтверждая положительную динамику роста термического разложения испытуемого образца. По показаниям термопары определяется второе значение температуры, которое предопределяет наличие устойчивого процесса термического разложения.

Температуры, при которых начинается термическое разложение материалов и образцов кабельной продукции, приведены в табл. 4–6.

Медленно развивающаяся пожароопасная ситуация может нести достаточно серьезную опасность, поскольку “нагрев любых материалов ниже температур их самовозгорания сопровождается выделением токсичных газов и подготовкой этих материалов к последующему интенсивному горению” [18–20].

Испытуемые материалы в табл. 4 расположены в порядке возрастания их начальной температуры термического разложения, определяемой по срабатыванию первого порога (Alarm). Это означает увеличение массовой концентрации аэрозоля в зоне, контролируемой извещателем ИП 216-М5, до 0,015 мг/м³. Срабатывание второго порога (Fire) при массовой концентрации аэрозоля 0,03 мг/м³ определяет верхнюю границу начального температурного диапазона термического разложения.

Разница между этими температурами характеризует интенсивность термического разложения материала. Так, например, у образца воздухозаборной трубы аспирационных пожарных извещателей эта разница составляет 6 °C, резины — 1 °C, кабеля Транскаб PATCHSF/UTRCATSE 4×2×0.78 — почти 100 °C.

Это говорит о том, что одни материалы при нагреве сразу начинают интенсивно разлагаться, а у других интенсивность термического разложения растет только при значительном увеличении температуры нагрева [10, 21].

Анализируя данные, приведенные в табл. 5, приходим к следующему заключению: практически у всех материалов разница между температурой самовоспламенения и начальной температурой термического разложения превышает 200 °C, а значит, обнаружение потенциального очага пожара возможно задолго до появления открытого пламени.

Температуры начала термического разложения кабелей, сопровождающегося выделением аэрозоля $t_{т.р}$, приведены в табл. 6.

Результаты этой серии экспериментов и анализа данных, приведенных в табл. 5 и 6, показывают, что начальные температуры термического разложения некоторых кабелей настолько низкие, что их использование должно иметь ограниченный характер. Медленно разлагающийся кабель — это потенциальный источник пожара, поскольку неисправность электрической проводки является одной из основных причин загорания.

Выводы

Практически все горючие материалы имеют разницу между температурой самовоспламенения и начальной температурой термического разложения более 200 °C. Следовательно, обнаружение потенциального очага пожара возможно заранее, до появления открытого пламени.

Практически все испытуемые материалы при нагреве от 100 до 200 °C подвергаются термическому разложению, сопровождающемуся выделением аэрозольных частиц, которые могут быть обнаружены электроиндукционным пожарным извещателем.

Таблица 6. Температуры начала термического разложения кабелей, сопровождающегося выделением аэрозоля

Table 6. Temperature of cables' initial thermal decomposition, followed by aerosol discharge

№ п/п No.	Образец Sample	$t_{т.р}, ^\circ\text{C}$ $t_{th.d}, ^\circ\text{C}$
1	Внутренняя оболочка КРЭнг(А)-FRHF Inner shell KREng(A)-FRHF	133–144
2	Внешняя оболочка КРЭнг(А)-FRHF Outer shell KREng(A)-FRHF	134–137
3	Изоляция проводника КРнг(А)-FRHF Conductor insulation KRng(A)-FRHF	144–158
4	Внешняя оболочка КРнг(А)-FRHF Outer shell KRng(A)-FRHF	145–149
5	Кабель КРнг(А)-FRHF Cable KRng(A)-FRHF	150–156
6	Изоляция проводника КРЭнг(А)-FRHF Conductor insulation KREng(A)-FRHF	154–160
7	Кабель КРЭнг(А)-FRHF Cable KREng(A)-FRHF	175–184
8	Кабель Транскаб DATABUSSF/ UTRнг(А)-HF 1×2×0,90 Cable Transkab DATABUSSF/ UTRng(A)-HF 1×2×0.90	60–83
9	Кабель КППВГнг(А)-FRLS 4×1,5(N) Cable KPRVGng(A)-FRLS 4×1.5(N)	80–82
10	Внешняя оболочка КПППГнг(А)-FRHF 2×1,5(N) Outer shell KPRPGng(A)-FRHF 2×1.5(N)	90–97
11	Кабель КПКРВГнг(А)-FRLS 4×0,75 Cable KPKRVGng(A)-FRLS 4×0.75	106–115
12	Изоляция проводника КСРВнг(А)-FRLSLTx 1×2×0,80 Conductor insulation KSRVng(A)-FRLSLTx 1×2×0.80	107–114
13	Провод одножильный многопроволоч- ный Транскаб КПМнг(А)-HF 1,50 Single corewire Transkab KMPng(A)-HF 1.50	110–119
14	Кабель Транскаб DATABUSSF/ UTRнг(А)-HF 1×4×0,9 Cable Transkab DATABUSSF/ UTRng(A)-HF 1×4×0.9	115–118
15	Внешняя оболочка Паракс РК 75-4,8-319нг(А)-HF Outer shell Paraks RK 75-4.8-319ng(A)-HF	117–123
16	Кабель Транскаб PATCHSF/ UTRCAT- SEZHнг(А)-HF 1×4×0,78 Cable Transkab PATCHSF/ UTRCATSEZHng(A)-HF 1×4×0.78	117–127
17	Кабель КПППГнг(А)-FRHF 2×1,5(N) Cable KPRPGng(A)-FRHF 2×1.5(N)	121–126
18	Изоляция проводника КПППГнг(А)-FRHF 2×1,5(N) Conductor insulation KPRPGng(A)-FRHF 2×1.5(N)	122–129
19	Внешняя оболочка Parlans/ftcat 6a 4×2×0,57 Outer shell Parlans/ftcat 6a 4×2×0.57	128–133

Окончание табл. 6 / End table 6

№ п/п No.	Образец Sample	$t_{т.р}, ^\circ\text{C}$ $t_{th.d}, ^\circ\text{C}$
20	Внутренняя оболочка КПППГнг(А)- FRHF 2×1,5(N) Inner shell KPRPGng(A)-FRHF 2×1.5(N)	134–140
21	Изоляция проводника Parlans/ftcat 6a 4×2×0,57 Conductor insulation Parlans/ftcat 6a 4×2×0.57	136–144
22	Изоляция проводника Паракс РК 75-4.8-319нг(А)-HF Conductor insulation Paraks RK 75-4.8-319ng(A)-HF	137–142
23	Внешняя оболочка КСРВнг(А)-FRLSLTx 1×2×0,80 Outer shell KSRVng(A)-FRLSLTx 1×2×0.80	140–145
24	Изоляция проводника Parlans/ftcat 5EZHнг(А)-FRHF 4×2×0,57 Conductor insulation Parlans/ftcat 5EZHng(A)-FRHF 4×2×0.57	148–164
25	Кабель Parlans/ftcat 6a 4×2×0,57 Cable Parlans/ftcat 6a 4×2×0.57	151–156
26	Кабель КСРВнг(А)-FRLSLTx 1×2×0,80 Cable KSRVng(A)-FRLSLTx 1×2×0.80	153–159
27	Внешняя оболочка Parlans/ftcat 5EZHнг(А)-FRHF 4×2×0,57 Outer shell Parlans/ftcat 5EZHng(A)-FRHF 4×2×0.57	166–172
28	Кабель Паракс РК 75-4.8-319нг(А)-HF Cable Paraks RK 75-4.8-319ng(A)-HF	174–176
29	Кабель ВВГнг(А)-LS 3×2,5 Cable VVGng(A)-LS 3×2.5	188–190
30	Кабель Parlans/ftcat 5EZHнг(А)-FRHF 4×2×0,57 Cable Parlans/ftcat 5EZHng(A)-FRHF 4×2×0.57	199–204

Целый ряд наименований электротехнических материалов и кабельной продукции имеет настолько низкие начальные температуры термического разложения, что в ряде случаев их использование должно носить ограниченный характер.

Электроиндукционные пожарные извещатели способны обнаруживать аэрозольные продукты термического разложения различных материалов при их массовой концентрации менее 0,1 мг/м³, что позволяет обеспечить качественно более высокий уровень пожарной безопасности.

Электроиндукционный метод контроля параметров аэродисперсной системы, реализованный в извещателе ИП 216-М5, следует рассматривать как эффективное дополнение к существующим методам и технологиям обнаружения пожаров, применяемым в системах пожарной сигнализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солонько В. А., Шабардин А. Н., Колесник В. А., Григорьев В. С., Григорьев И. В. Возможность раннего обнаружения пожароопасной ситуации на судах и береговых объектах флота // Морской вестник. — 2008. — № 3(27). — С. 57–61.
2. Григорьев В. С., Григорьев И. В., Михаленков С. В., Шабардин А. Н. Раннее обнаружение пожароопасной ситуации // Судостроение. — 2008. — № 3(778). — С. 44–47.
3. Григорьев В. С., Григорьев И. В. Аэрозоли и связь их физических параметров с пожароопасной ситуацией // Алгоритм безопасности. — 2017. — № 1. — С. 60–63.
4. Шаровар Ф. И. Пожаропредупредительная автоматика. — М.: Специнформатика-СИ, 2013. — 556 с.
5. Nematludin S. M., Gupta D. Nonsubsampled contourlet domain visible and infrared image fusion framework for fire detection using pulse coupled neural network and spatial fuzzy clustering // Fire Safety Journal. — 2018. — Vol. 101. — P. 84–101. DOI: 10.1016/j.firesaf.2018.08.012.
6. Пат. 2406155 Российская Федерация, МПК G08B 17/00 (2006.01). Способ обнаружения пожароопасной ситуации / Григорьев В. С., Григорьев И. В., Солонько В. А., Шабардин А. Н. — № 2007140204/08; заявл. 30.10.2007; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 34.
7. Арутюнян Д. М. Новые технологии гарантированного предотвращения пожаров / Под общ. ред. Ф. И. Шаровара. — М.: Специнформатика-СИ, 2014. — 232 с.
8. Кутузов В. В., Минкин Д. Ю., Терехин С. Н., Османов Ш. А., Талировский К. С. Методы и технологии обнаружения пожара: монография / Под общ. ред. В. С. Артамонова. — СПб.: Астерион, 2015.
9. Кутузов В. В., Саратов Д. Н., Терехин С. Н., Филиппов А. Г. Производственная и пожарная автоматика. Установки и системы пожарной автоматики / Под общ. ред. В. С. Артамонова. — СПб.: Астерион, 2014. — 272 с.
10. A case study in security big data analysis/RSA Conference 2012. URL: <http://darkreading.com/monitoring-a-case-study-in-security-big-data-analys/232602339> (дата обращения: 10.05.2018).
11. Малинин В. Р., Климкин В. И., Анисеев С. В., Коробейникова Е. Г., Винокурова Н. Г., Кожеевникова Н. Ю., Мельник А. А., Родионов В. А. Теория горения и взрыва: учеб. / Под общ. ред. В. С. Артамонова. — СПб.: Астерион, 2009. — 280 с.
12. Magalie C., Anne-Sophie C., Rodolphe S., Laurent F., Emmanuelle G., Christian L. Fire behaviour of electrical cables in cone calorimeter: Influence of cables structure and layout // Fire Safety Journal. — 2018. — Vol. 99. — P. 12–21. DOI: 10.1016/j.firesaf.2018.05.001.
13. Возман Л. П., Корольченко И. А., Хрюкин А. В. Определение условий самовозгорания отложенных паров горючих жидкостей в воздуховодах вентиляционных систем // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2016. — Т. 25, № 8. — С. 34–41. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.08.34-41.
14. Барботько С. Л., Вольный О. С. Оценка тепловыделения при горении электрических кабелей // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2016. — Т. 25, № 11. — С. 35–44. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.11.35-44.
15. Смелков Г. И. Пожарная безопасность электропроводок. — М.: Кабель, 2009. — 328 с.
16. Lyon R. E., Fulmer M., Walters R., Crowley S. Effect of airflow and measurement method on the heat release rate of aircraft cabin materials in the Ohio State University apparatus // Technical Report DOT/FAA/TC-TN15/34. — Federal Aviation Administration, William J. Hughes Technical Center Airport and Aircraft Safety, 2016. — 20 p.
17. Einhorn I. N., Chatfield D. A., Voorhees K. J., Hileman F. D., Mickelson R. W., Israel S. C., Futrell J. H., Ryan P. W. A strategy for analysis of thermal decomposition of polymeric materials // Fire Safety Journal. — 1977. — Vol. 1, Issue 1. — P. 41–56. DOI: 10.1016/0379-7112(77)90007-8.
18. Chow W. K., Han S. S. Heat release rate calculation in oxygen consumption calorimetry // Applied Thermal Engineering. — 2011. — Vol. 31, Issue 2-3. — P. 304–310. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2010.09.010.
19. Aven T. Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation // European Journal of Operational Research. — 2016. — Vol. 253, Issue 1. — P. 1–13. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.12.023.
20. Sornette D., Maillart T., Kröger W. Exploring the limits of safety analysis in complex technological systems // International Journal of Disaster Risk Reduction. — 2013. — Vol. 6. — P. 59–66. DOI: 10.1016/j.ijdr.2013.04.002.
21. He H., Zhang Q., Wang X., Wang F., Zhao L., Zhang Y. The influence of currents on the ignition and correlative smoke productions for PVC-insulated electrical wires // Fire Technology. — 2017. — Vol. 53, Issue 3. — P. 1275–1289. DOI: 10.1007/s10694-016-0634-y.

Материал поступил в редакцию 24 мая 2018 г.

Для цитирования: Григорьев И. В., Кутузов В. В., Безруков В. А., Корольков А. П., Османов Ш. А. Электроиндукционный метод контроля параметров аэродисперсной системы и раннего обнаружения термического разложения кабельной продукции и других материалов // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2018. — Т. 27, № 12. — С. 37–48. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.12.37-48.

English

ELECTROSTATIC INDUCTION METHOD IN CONTROLLING PARAMETERS OF AERO DISPERSION SYSTEMS AND EARLY DETECTING THERMAL DECOMPOSITION IN CABLE PRODUCTS AND OTHER MATERIALS

I. V. GRIGORIEV, Inventor (e-mail: grigoryev.igor.com)

V. V. KUTUZOV, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Fire Safety of Buildings and Fire Protection Automated Systems, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation; e-mail: kutuzov-w@mail.ru)

V. A. BEZRUKOV, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of Faculty of Information Technology Security, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics (Kronverkskiy Avenue, 49, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation; e-mail: bezrukov.1950@mail.ru)

A. P. KOROLKOV, Candidate of Technical Sciences, Professor of 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)

Sh. A. OSMANOV, Inspector of Department of Informational Support of Population and Information Support Technology of 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

Introduction. For the sake of early detection of potential combustion it's expedient to apply methods, which utilize the analysis of curvature within indirect physical parameters of the area, such as aerosol and gaseous combustion products, represented by aero dispersion systems.

Problem formulation. Aero dispersion system can never be sustainable, reason being there are air mass transfer in progress, dispersion and condensation processes, vortex flows occur, particle coagulation takes place, sedimentation under the weight of gravity, evaporation and etc.

Materials and methods. Electric induction method of monitoring the parameters of aero dispersion systems implemented in the IP 216-M5 detector, allow for continuous analysis of changes within a wide spectrum of aerosol particles and possess higher sensitivity comparing to other sensor types.

The choice of materials was based on the fact, that insulation of electrotechnical materials may be subject to overheat because the increase in the electrical load current flowing within cable products through the conductors due to the emergency state of electrical equipment.

Equipment used and appliances. The heating temperature was controlled using a multimeter with a thermocouple, in the temperature-measuring mode in increments of one degree.

The electrostatic induction fire detector IP 216-M5, fixes the beginning of the process of thermal decomposition.

The decomposition temperature of the test material is determined by the data of a thermocouple, the sensitive element of which is in contact with the heated surface of the solder bath.

Conclusion. It was experimentally proved that the electrostatic induction method for controlling aerosol systems makes it possible to detect aerosol products of thermal decomposition in different

materials with their lower concentration of less than 0.1 mg/m^3 10–20 minutes before ignition of the insulation within an electric cable.

The relationship between the auto-ignition temperature and the initial temperature of the thermal decomposition of the insulating sheath of electrical cables has been proven — this temperature gap is 200°C .

Keywords: thermal decomposition; aerosol; insulation; detector; smoke particles; dispersed medium analysis.

REFERENCES

1. V. A. Solon'ko, A. N. Shabardin, V. A. Kolesnik, V. S. Grigoriev, I. V. Grigoriev. The possibility of early detection of fire dangerous situations on vessels and fleet shore installations. *Morskoy vestnik / Sea Vestnik*, 2008, no. 3(27), pp. 57–61 (in Russian).
2. V. S. Grigoryev, I. V. Grigoryev, S. V. Mikhalev, A. N. Shabardin. Early detection of fire hazard situation. *Sudostroenie / Shipbuilding*, 2008, no. 3(778), pp. 44–47 (in Russian).
3. V. S. Grigoriev, I. V. Grigoriev. Aerosols and the connection of their physical parameters to a fire hazard situation. *Algoritm bezopasnosti / Security Algorithm*, 2017, no. 1, pp. 60–63 (in Russian).
4. F. I. Sharovar. *Pozharopredupreditelnaya avtomatika* [Automatic fire prevention]. Moscow, Spetsinformatika-SI Publ., 2013. 556 p. (in Russian).
5. S. M. Nimalindin, D. Gupta. Nonsubsampled contourlet domain visible and infrared image fusion framework for fire detection using pulse coupled neural network and spatial fuzzy clustering. *Fire Safety Journal*, 2018, vol. 101, pp. 84–101. DOI: 10.1016/j.firesaf.2018.08.012.
6. V. S. Grigor'ev, I. V. Grigor'ev, V. A. Solon'ko, A. N. Shabardin. *Method for detecting fire hazard*. Patent RU, no. 2406155, publ. date 10.12.2010, Bull. no. 34 (in Russian).
7. D. M. Arutyunyan. *Novyye tekhnologii garantirovannogo predotvrashcheniya pozharov* [New technologies of guaranteed prevention of fires]. Moscow, Spetsinformatika-SI Publ., 2014. 232 p. (in Russian).
8. V. V. Kutuzov, D. Yu. Minkin, S. N. Terekhin, Sh. A. Osmanov, K. S. Talirovskiy. *Metody i tekhnologii obnaruzheniya pozhara. Monografiya* [Methods and technologies of fire detection. Monograph]. Saint Petersburg, Asterion Publ., 2015 (in Russian).
9. V. V. Kutuzov, D. N. Saratov, S. N. Terekhin, A. G. Filippov. *Proizvodstvennaya i pozharnaya avtomatika. Ustanovki i sistemy pozharной avtomatiki* [Production and fire automatics. Installations and systems of fire automatics]. Saint Petersburg, Asterion Publ., 2014. 272 p. (in Russian).
10. *A case study in security big data analysis*. RSA Conference 2012. Available at: <http://darkreading.com/monitoring-a-case-study-n-security-big-data-analys/232602339> (Accessed 10 May 2018).
11. V. R. Malinin, V. I. Klimkin, S. V. Anikeev, E. G. Korobeynikova, N. G. Vinokurova, N. Yu. Kozhevnikova, A. A. Melnik, V. A. Rodionov. *Teoriya goreniya i vzryva* [Theory of combustion and explosion]. Saint Petersburg, Asterion Publ., 2009. 280 p. (in Russian).
12. C. Magalie, C. Anne-Sophie, S. Rodolphe, F. Laurent, G. Emmanuelle, L. Christian. Fire behaviour of electrical cables in cone calorimeter: Influence of cables structure and layout. *Fire Safety Journal*, 2018, vol. 99, pp. 12–21. DOI: 10.1016/j.firesaf.2018.05.001.
13. L. P. Vogman, I. A. Korolchenko, A. V. Khryukin. Determination of the self-ignition conditions for sediments of combustible liquid vapours inside air pipes of ventilating systems. *Pozharovzryvbezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 8, pp. 34–41. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.08.34-41.
14. S. L. Barbotko, O. S. Volnyy. Heat release assessment at burning electric cables. *Pozharovzryvbezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 11, pp. 35–44. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.11.35-44.
15. G. I. Smelkov. *Pozharnaya bezopasnost elektroprovodok* [Fire safety of wirings]. Moscow, Kabel Publ., 2009. 328 p. (in Russian).
16. R. E. Lyon, M. Fulmer, R. Walters, S. Crowley. Effect of airflow and measurement method on the heat release rate of aircraft cabin materials in the Ohio State University Apparatus. In: *Technical Report DOT/FAA/TC-TN15/34*. Federal Aviation Administration, William J. Hughes Technical Center Airport and Aircraft Safety, 2016. 20 p.
17. I. N. Einhorn, D. A. Chatfield, K. J. Voorhees, F. D. Hileman, R. W. Mickelson, S. C. Israel, J. H. Futrell, P. W. Ryan. A strategy for analysis of thermal decomposition of polymeric materials. *Fire Safety Journal*, 1977, vol. 1, issue 1, pp. 41–56. DOI: 10.1016/0379-7112(77)90007-8.
18. W. K. Chow, S. S. Han. Heat release rate calculation in oxygen consumption calorimetry. *Applied Thermal Engineering*, 2011, vol. 31, issue 2-3, pp. 304–310. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2010.09.010.
19. T. Aven. Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, 2016, vol. 253, issue 1, pp. 1–13. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.12.023.

20. D. Sornette, T. Maillart, W. Kröger. Exploring the limits of safety analysis in complex technological systems. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2013, vol. 6, pp. 59–66. DOI: 10.1016/j.ijdrr.2013.04.002.
21. H. He, Q. Zhang, X. Wang, F. Wang, L. Zhao, Y. Zhang. The influence of currents on the ignition and correlative smoke productions for PVC-insulated electrical wires. *Fire Technology*, 2017, vol. 53, issue 3, pp. 1275–1289. DOI: 10.1007/s10694-016-0634-y.

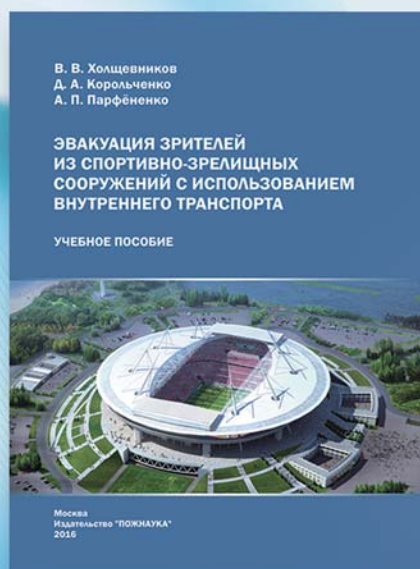
For citation: I. V. Grigoriev, V. V. Kutuzov, V. A. Bezrukov, A. P. Korolkov, Sh. A. Osmanov. Electrostatic induction method in controlling parameters of aero dispersion systems and early detecting thermal decomposition in cable products and other materials. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, no. 12, pp. 37–48 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2018.27.12.37-48.



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». — 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.

Для заказа книги пишите нам по адресу:
121352, г. Москва, а/я 6,
или звоните по телефону
8 (495) 228-09-03.

Вы можете также оформить заказ через электронную почту:
mail@firepress.ru.

А. В. КАЛАЧ, д-р хим. наук, профессор, профессор кафедры основ гражданской обороны и управления в ЧС, Воронежский институт — филиал Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231; e-mail: a_kalach@mail.ru)

Е. В. КАЛАЧ, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин, Воронежский институт — филиал Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231; e-mail: EVKalach@gmail.com)

А. В. ВЫТОВТОВ, преподаватель кафедры пожарной безопасности объектов защиты, Воронежский институт — филиал Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231; e-mail: taft.rvk@yandex.ru)

УДК 614.841

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Рассмотрены особенности обеспечения пожарной безопасности линейных объектов нефтегазового комплекса с применением беспилотных воздушных судов. Представлено нормативное обоснование использования данных устройств в системе обеспечения пожарной безопасности. Проведен анализ и обобщение существующих методик мониторинга пожарной опасности с использованием беспилотных воздушных судов, выявлены их преимущества и недостатки. Показано, что в отечественных методиках применения беспилотных воздушных судов процесс цифрового обнаружения не реализован вовсе, а всю полезную информацию с монитора принимает человек-оператор. Предложена оригинальная методика автоматического мониторинга объектов нефтегазовой отрасли с борта беспилотного воздушного судна, обеспечивающая обнаружение пламенного горения по видеопотоку и снижение пожарной и промышленной опасности.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация; авария; нефтегазовый комплекс; система автоматического контроля; пожар; мониторинг.

DOI: 10.18322/PVB.2018.27.12.49-55

Введение

Обеспечение надежной и безопасной эксплуатации объектов магистрального транспорта нефти и газа представляет собой стратегическое направление развития топливно-энергетического комплекса Российской Федерации. Комплексный подход при обеспечении безопасности в чрезвычайных ситуациях (ЧС) техногенного характера на опасных производственных объектах магистрального трубопроводного транспорта направлен на снижение вероятности возникновения аварий, приводящих к катастрофическим последствиям [1, 2]. Это достигается, как правило, за счет обновления оборудования и технических устройств, совершенствования технологий и организационных мероприятий, обеспечения необходимого уровня подготовки персонала к проведению действий по локализации аварии [3].

На современном этапе для проведения оперативного мониторинга линейных объектов нефтегазовой отрасли используют беспилотные воздушные

суда (БВС), которые позволяют решать целый комплекс задач, в том числе по обеспечению пожарной безопасности [4].

Целью работы является разработка методики использования беспилотных воздушных судов для обеспечения пожарной безопасности нефтегазовых трубопроводов, а также обоснование роли и места применения данных устройств в существующей и закреплённой в нормативных документах системе обеспечения пожарной безопасности линейных объектов нефтегазовой отрасли [5, 6].

Для достижения поставленной цели в ходе исследования решались следующие частные задачи: анализ приборов, располагаемых на беспилотном воздушном судне, и их применимость для фиксирования пожара и аварии на контролируемом объекте; моделирование наиболее неблагоприятных сценариев, предшествующих пожару, и вариантов их возможной идентификации с борта беспилотного воздушного судна; анализ нормативной базы с точки

зрения возможности интеграции летательных аппаратов в систему обеспечения пожарной безопасности.

Материалы и методы

Для снижения вероятности возникновения аварий на линейных объектах нефтегазовой отрасли необходим анализ множества факторов, к которым относится вероятность внешнего механического воздействия, человеческих ошибок, явлений природного характера и др. [7]. Аварии на нефтегазотранспортных объектах зачастую сопровождаются значительным материальным ущербом. В связи с этим предотвращение ЧС на стадии возникновения аварии на линейных объектах нефтегазовой отрасли является перспективным и актуальным направлением обеспечения безопасности на объектах магистрального транспорта [8, 9]. Известно, что масштабы последствий ЧС техногенного характера в результате аварий на магистральных нефтегазопроводах зависят от правильности и быстроты действий оперативного персонала при локализации аварии, а оперативность его действий в свою очередь — от своевременного получения информации о нарушении режима функционирования, разрушении нефтегазопровода, а также об утечке нефти и нефтепродуктов.

Для обнаружения утечек в настоящее время существует большое количество подходов, основанных на отслеживании изменений характеристик потока жидкости, трубопровода и окружающей среды и отличающихся по эффективности и условиям применения, сложности и стоимости реализации и эксплуатации [10]. Однако все известные методы имеют недостатки, ограничивающие их использование при эксплуатации нефтегазопроводов. Кроме того, существующие способы идентификации утечек нефти и нефтепродуктов либо предполагают значительные трудовые, временные и финансовые затраты предприятий, либо позволяют обнаруживать утечку только при выполнении определенных условий.

Таким образом, несмотря на многообразие исследований, посвященных распознаванию утечек, в настоящее время эту задачу считать решенной нельзя [11]. С точки зрения развития методического аппарата представляют практический интерес исследования в области распознавания аварийных ситуаций, возникающих на линейных объектах нефтегазовой отрасли. Внедрение современных систем контроля и обеспечения безопасности в нефтегазовом комплексе также является актуальным направлением, особенно на стадии технического перевооружения производства [12, 13].

Решение данных задач возможно с помощью беспилотных воздушных судов. Как показали исследо-

вания, БВС применимы для обеспечения контроля над пожароопасными районами, проведения поисковых работ, разведки на крупных пожарах, а также для получения оперативной информации в кризисных ситуациях [14], поэтому они активно используются для мониторинга пожарной и промышленной безопасности линейных объектов нефтегазовой отрасли. В перспективе существующие методики мониторинга нуждаются в модернизации с учетом потребностей и задач, стоящих перед организациями, эксплуатирующими трубопровод с максимальной автоматизацией процесса [15].

Теоретические основы

Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки систем, обеспечивающих снижение пожарной и промышленной опасности, предупреждение возникновения пожаров и аварий на объектах нефтегазового комплекса.

Основной задачей в области пожарной безопасности при проведении мониторинга с БВС является фиксирование открытого горения вблизи трубопровода, которое может возникнуть в следующих условиях:

- “Пал костров. Разведение огня категорически запрещено вблизи с трубопроводом, но в условиях низких температур для согревания осознанно к этому способу прибегают рыбаки, охотники и обслуживающий персонал магистралей.
- Горение растительной подстилающей поверхности. Данный тип пожаров возникает, как правило, в результате человеческого фактора при неосторожном обращении с огнем. Частным случаем является бесконтрольное горение ягеля на просторах тундры, что является опасным явлением для защищаемых объектов.
- Локальный очаг горения углеводородов до перетекания в глобальную чрезвычайную ситуацию” [16].

В перечисленных случаях оперативность получения информации о процессе горения повышает пожарную безопасность за счет введения оперативных действий по ликвидации пожара.

Согласно п. 2 ст. 5 ФЗ-123 одним из элементов системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты является система предотвращения пожара. В соответствии с п. 1 ст. 50 ФЗ-123 цель данной системы состоит в исключении условий возникновения пожара, в том числе внесения в горючую среду источников зажигания.

Открытое горение вблизи магистрального газонефтепровода, на обнаружение которого направлена разработанная методика, может стать источником зажигания и привести к крупномасштабной аварии и взрыву. Своевременное обнаружение горения и

принятие соответствующих мер позволит ликвидировать источник зажигания и повысить пожарную безопасность объекта.

Однако недостатком БВС, состоящих в настоящее время на вооружении, является малое время пребывания в полете [17]. Мощность аккумуляторных батарей, установленных на аппаратах, не может обеспечить выполнение полетного задания в течение длительного времени. Опыт эксплуатации данных аппаратов в нефтегазовой отрасли позволил выявить ряд общих трудностей и специфичных недостатков применения БВС для линейных объектов:

- низкая продолжительность работы аппаратов;
- проблемы запуска при отрицательных температурах;
- проблемы поиска при аварийном приземлении;
- отсутствие автоматизации процесса мониторинга;
- погодные ограничения эксплуатации аппаратов;
- сильное влияние ветра на результаты мониторинга и пр.

Устранение выявленных недостатков возможно прежде всего путем применения более эффектив-

ных аккумуляторов, разработки научных основ создания устройств автоматического контроля и управления системами обеспечения промышленной и пожарной безопасности линейных объектов нефтегазовой отрасли [18]. Анализ результатов исследований в этой области показал, что в отечественных методиках по применению БВС процесс цифрового обнаружения вовсе не реализован, а всю полезную информацию с монитора принимает человек-оператор на протяжении всего времени мониторинга [19].

Результаты и их обсуждение

По результатам мониторинга линейных объектов нефтегазовой отрасли наиболее пожароопасным из контролируемых параметров является открытое горение, так как оно может повлечь за собой внесение источника зажигания в горючую среду и, как следствие, развитие полномасштабной чрезвычайной ситуации на магистрали нефтегазопровода [16].

Для снижения пожарной и промышленной опасности на объектах нефтегазового комплекса пред-

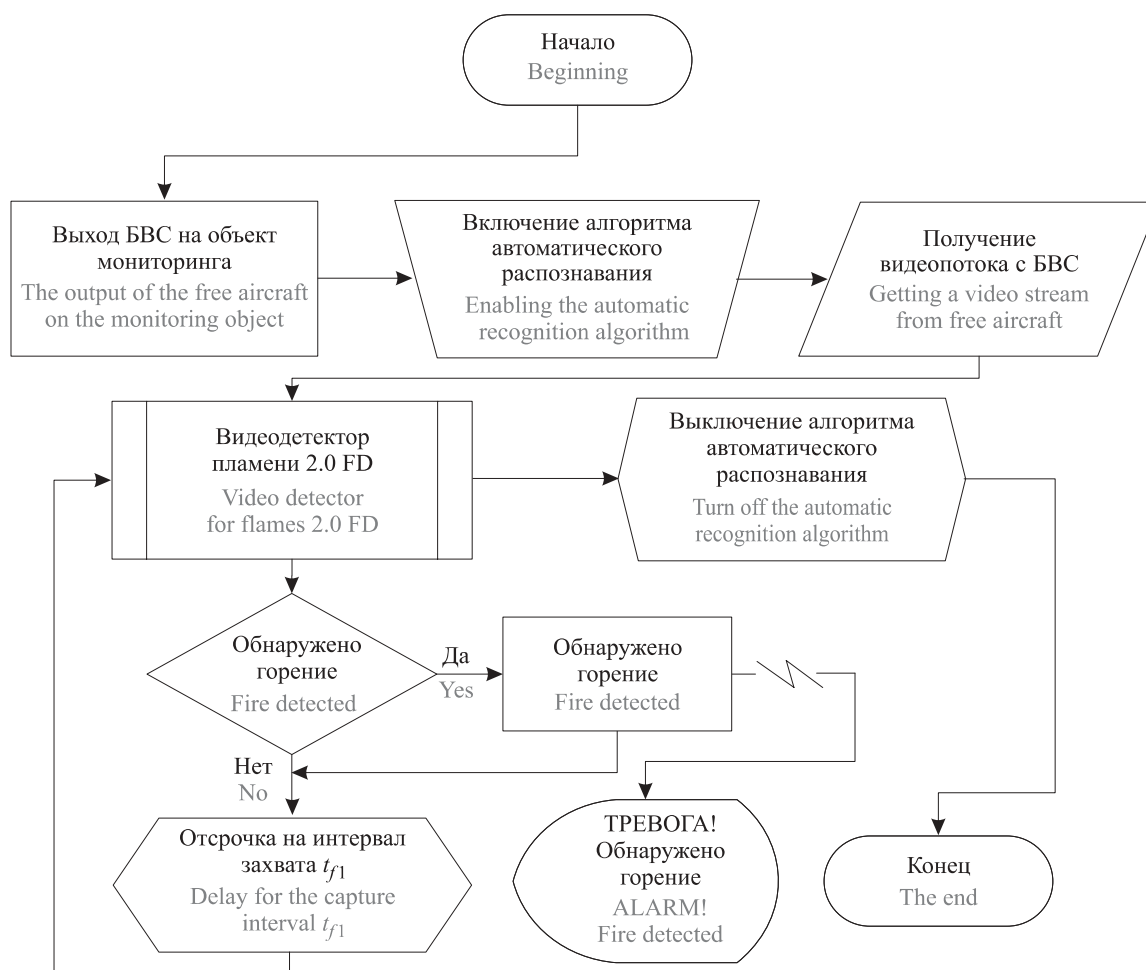


Схема алгоритма методики применения беспилотных воздушных судов для мониторинга линейных объектов нефтегазовой отрасли / Schematic diagram of the technique of free aircraft for monitoring of linear objects of oil and gas industry

лагается оригинальная методика автоматического мониторинга с борта БВС, обеспечивающая обнаружение пламенного горения по видеопrotocolу. При ее реализации будет достигнуто решение следующих частных задач:

1) проверка исследуемой области на наличие горения в режиме реального масштаба времени без участия оператора, с привлечением его лишь при обнаружении пожара;

2) экономия энергии за счет обработки информации штатным микропроцессором без передачи видеопrotocolа на наземную станцию;

3) автоматизация процесса обнаружения с помощью штатного оборудования, без докупки дорогостоящих элементов;

4) возможность расширения области мониторинга за счет вылета за границы передачи устойчивого видеосигнала;

5) автономная работа устройства по выполнению полетного задания с передачей сигнала оператору только в случае обнаружения пожара;

6) повышение надежности обнаружения пожароопасных явлений за счет уменьшения влияния человеческого фактора;

7) обработка информации в режиме реального масштаба времени с возможностью оперативного реагирования на пожароопасную ситуацию.

Алгоритм методики автоматического мониторинга линейных объектов нефтегазовой отрасли с

борта беспилотного воздушного судна, обеспечивающей снижение пожарной опасности, предупреждение пожаров и аварий, представлен схематично на рисунке [20].

Приведенная схема иллюстрирует порядок выполнения программных операций, обеспечивающих автоматизированный мониторинг линейных объектов нефтегазового комплекса на предмет наличия пламенного горения. Данное явление вблизи магистрали представляет собой наиболее неблагоприятный сценарий, ведущий к развитию пожара и аварии.

Заключение

Анализ нормативной документации показал, что применение беспилотных воздушных судов для обеспечения пожарной безопасности линейных объектов нефтегазовой отрасли допустимо при выполнении задач идентификации источника зажигания на ранней стадии до его внесения в горючую среду. В этом контексте использование разработанной методики действительно повышает пожарную безопасность газонефтепроводов, особенно при выполнении данных работ в автоматизированном режиме. В существующей системе обеспечения пожарной безопасности магистралей мониторинг с БВС дополняет уже известные методы, позволяя проводить контроль с высоты, оперативно и без значительных материальных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вытовтов А. В., Калач А. В., Куликова Т. Н. Алгоритм распознавания пламени с борта беспилотного воздушного судна // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. — 2017. — № 3(24). — С. 86–90.
2. Capitan J., Merino L., Ollero A. Cooperative decision-making under uncertainties for multi-target surveillance with multiples UAVs // Journal of Intelligent and Robotic Systems. — 2016. — Vol. 84, No. 1-4. — P. 371–386. DOI: 10.1007/s10846-015-0269-0.
3. Dalamagkidis K., Valavanis K. P., Piegel L. A. Current status and future perspectives for unmanned aircraft system operations in the US // Journal of Intelligent and Robotic Systems. — 2008. — Vol. 52, No. 2. — P. 313–327. DOI: 10.1007/s10846-008-9213-x.
4. Rabta B., Wankmüller C., Reiner G. A drone fleet model for last-mile distribution in disaster relief operations // International Journal of Disaster Risk Reduction. — 2018. — Vol. 28. — P. 107–112. DOI: 10.1016/j.ijdr.2018.02.020.
5. Dadashzadeh M., Khan F., Hawboldt K., Amyotte P. An integrated approach for fire and explosion consequence modelling // Fire Safety Journal. — 2013. — Vol. 61. — P. 324–337. DOI: 10.1016/j.fire-saf.2013.09.015.
6. Mueller E. V., Skowronski N., Clark K., Gallagher M., Kremens R., Thomas J. C., Houssami M. E., Filkov A., Hadden R. M., Mell W., Simeoni A. Utilization of remote sensing techniques for the quantification of fire behavior in two pine stands // Fire Safety Journal. — 2017. — Vol. 91. — P. 845–854. DOI: 10.1016/j.firesaf.2017.03.076.
7. Laszlo B., Agoston R., Xu Q. Conceptual approach of measuring the professional and economic effectiveness of drone applications supporting forest fire management // Procedia Engineering. — 2018. — Vol. 211. — P. 8–17. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.12.132.
8. Speight J. G. Oil and gas corrosion prevention: From surface facilities to refineries. — Oxford : Gulf Professional Publishing, 2014. — 150 p. DOI: 10.1016/C2013-0-18548-0.

9. Bahadori A. Oil and gas pipelines and piping systems: Design, construction, management, and inspection. — Oxford : Gulf Professional Publishing, 2017. — 660 p. DOI: 10.1016/C2015-0-00222-2.
10. Королев Д. С. Методика прогнозирования пожароопасных свойств продуктов нефтепереработки для обеспечения пожарной и промышленной безопасности : дис. ... канд. техн. наук. — Воронеж, 2017. — 105 с.
11. Вытовтов А. В., Калач А. В., Сазанова А. А., Лебедев Ю. М. К вопросу о создании беспилотных летательных аппаратов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. — 2016. — № 2. — С. 87–91.
12. Мазаев А. В., Иванова Ю. В. Особенности технологии изготовления панели двойной кривизны и переменной толщины из композита СИАЛ // Инновации, технологии и бизнес. — 2017. — № 3. — С. 76–82.
13. Thomson J. R. High Integrity Systems and Safety Management in Hazardous Industries. — Oxford : Butterworth-Heinemann, 2015. — 360 p. DOI: 10.1016/C2014-0-01019-2.
14. Ситников И. В., Кривоуст О. Г., Однолько А. А., Артыщенко С. В. Имитационное моделирование площади пожара с применением метода Монте-Карло в рамках интегральной математической модели пожара // Инженерные системы и сооружения. — 2012. — № 4(9). — С. 75–82.
15. Alamgir N., Nguyen K., Chandran V., Boles W. Combining multi-channel color space with local binary co-occurrence feature descriptors for accurate smoke detection from surveillance videos // Fire Safety Journal. — 2018. — Vol. 102. — P. 1–10. DOI: 10.1016/j.firesaf.2018.09.003.
16. Вытовтов А. В. Методика применения беспилотных воздушных судов для обеспечения пожарной безопасности на нефтегазовых объектах : дис. ... канд. техн. наук. — СПб., 2018. — 112 с.
17. Dunnington L., Nakagawa M. Fast and safe gas detection from underground coal fire by drone fly over // Environmental Pollution. — 2017. — Vol. 229. — P. 139–145. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.05.063.
18. Устюжанина А. Ю., Галкина А. А., Фукалов Д. С., Шарафутдинов А. А., Хайретдинов И. А., Хафизов И. Ф. Разработка и создание веб-приложения по моделированию чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. — 2017. — № 1(107). — С. 210–218.
19. Zhao J., Huang H., Jomaas G., Zhong M., Li Y. Spread and burning behavior of continuous spill fires // Fire Safety Journal. — 2017. — Vol. 91. — P. 347–354. DOI: 10.1016/j.firesaf.2017.03.046.
20. Вытовтов А. В., Калач А. В., Трофимец В. Я. Методика автоматизированного мониторинга линейных объектов нефтегазового комплекса с беспилотного воздушного судна // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2018. — Т. 27, № 4. — С. 50–57. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.04.50-57.

Материал поступил в редакцию 5 октября 2018 г.

Для цитирования: Калач А. В., Калач Е. В., Вытовтов А. В. Использование беспилотных воздушных судов для обеспечения пожарной безопасности линейных объектов нефтегазовой отрасли // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. — 2018. — Т. 27, № 12. — С. 49–55. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.12.49-55.

English

USE OF FREE AIRCRAFT FOR ENSURING THE FIRE SAFETY OF LINEAR OBJECTS OF OIL AND GAS INDUSTRY

A. V. KALACH, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Professor of Department of Civil Defense and Emergency Management, Voronezh Institute – Branch of Ivanovo Fire and Rescue Academy of Emercom of Russia (Krasnoznamennaya St., 231, Voronezh, 394052, Russian Federation; e-mail: a_kalach@mail.ru)

E. V. KALACH, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of Natural-Science Disciplines Voronezh Institute – Branch of Ivanovo Fire and Rescue Academy of Emercom of Russia (Krasnoznamennaya St., 231, Voronezh, 394052, Russian Federation; e-mail: EVKalach@gmail.com)

A. V. VYTOVTOV, Lecturer, Department of Fire Safety of Protection Facilities, Voronezh Institute – Branch of Ivanovo Fire and Rescue Academy of Emercom of Russia (Krasnoznamennaya St., 231, Voronezh, 394052, Russian Federation; e-mail: taft.rvk@yandex.ru)

ABSTRACT

Introduction. At the present stage for carrying out expeditious monitoring of linear objects of the oil and gas industry use the free aircrafts. The purpose of work is development of a technique of use of free aircrafts for ensuring fire safety of oil and gas pipelines and also justification of a role and the place of use of these devices in the system of ensuring fire safety of linear objects of the oil and gas industry existing and enshrined in normative documents.

Materials and methods. Accidents on oil and gas transport objects, often, are followed by significant material damage. As showed researches, free aircrafts are applicable for ensuring control over fire-dangerous areas, carrying out search works, investigation on major fire in regions of the country and also for obtaining operational information in crisis situations.

Theoretical basis. The main task in the field of fire safety when carrying out monitoring from the free aircraft is fixing of open burning near the pipeline. It can arise in the following conditions: fell fires, burning of the vegetable spreading surface, the local center of burning of hydrocarbons before overflowing in global emergency situation. In the listed cases the efficiency of obtaining information on burning increases fire safety due to conducting prompt actions on fire elimination. Thereby the requirement of Paragraph 1 of Article 50 FZ-123 providing an exception of conditions of emergence of the fire due to prevention of entering into the combustible environment of sources of ignition is fulfilled.

Results and discussion. Free aircrafts are actively used for monitoring of fire and industrial safety of linear objects of the oil and gas industry. However in the long term they need modernization taking into account the requirements and tasks facing the organizations operating the pipeline with the maximum automation of process.

Conclusion. The analysis of the regulatory documentation showed that the use of a drone to ensure the fire safety objectives of the linear objects of the oil and gas industry is permissible when they perform the tasks of identifying the ignition source at an early stage before it is introduced into the combustible environment.

Keywords: emergency situation; accident; oil and gas complex; system of automatic monitoring; fire; monitoring.

REFERENCES

1. A. V. Vytovtov, A. V. Kalach, T. N. Kulikova. Mathematical model of recognition of flame from the board of a free aircraft. *Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii / Bulletin of Voronezh Institute of State Firefighting Service of Emercom of Russia*, 2017, no. 3(24), pp. 86–90 (in Russian).
2. J. Capitan, L. Merino, A. Ollero. Cooperative decision-making under uncertainties for multi-target surveillance with multiples UAVs. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 2016, vol. 84, no. 1-4, pp. 371–386. DOI: 10.1007/s10846-015-0269-0.
3. K. Dalamagkidis, K. P. Valavanis, L. A. Piegl. Current status and future perspectives for unmanned aircraft system operations in the US. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 2008, vol. 52, no. 2, pp. 313–327. DOI: 10.1007/s10846-008-9213-x.
4. B. Rabta, C. Wankmüller, G. Reiner. A drone fleet model for last-mile distribution in disaster relief operations. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2018, vol. 28, pp. 107–112. DOI: 10.1016/j.ijdr.2018.02.020.
5. M. Dadashzadeh, F. Khan, K. Hawboldt, P. Amyotte. An integrated approach for fire and explosion consequence modelling. *Fire Safety Journal*, 2013, vol. 61, pp. 324–337. DOI: 10.1016/j.firesaf.2013.09.015.
6. E. V. Mueller, N. Skowronski, K. Clark, M. Gallagher, R. Kremens, J. C. Thomas, M. E. Houssami, A. Filkov, R. M. Hadden, W. Mell, A. Simeoni. Utilization of remote sensing techniques for the quantification of fire behavior in two pine stands. *Fire Safety Journal*, 2017, vol. 91, pp. 845–854. DOI: 10.1016/j.firesaf.2017.03.076.
7. B. Laszlo, R. Agoston, Q. Xu. Conceptual approach of measuring the professional and economic effectiveness of drone applications supporting forest fire management. *Procedia Engineering*, 2018, vol. 211, pp. 8–17. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.12.132.
8. J. G. Speight. *Oil and gas corrosion prevention: From surface facilities to refineries*. Oxford, Gulf Professional Publishing, 2014. 150 p. DOI: 10.1016/C2013-0-18548-0.

9. A. Bahadori. *Oil and gas pipelines and piping systems: Design, construction, management, and inspection*. Oxford, Gulf Professional Publishing, 2017. 660 p. DOI: 10.1016/C2015-0-00222-2.
10. D. S. Korolev. *The method of forecasting fire-hazardous properties of oil refining products to ensure fire and industrial safety*. Cand. tech. sci. diss. Voronezh, 2017. 105 p. (in Russian).
11. A. V. Vytovtov, A. V. Kalach, A. A. Sazanova, Ju. M. Lebedev. Towards the creation unmanned aerial vehicle. *Vestnik BGTU im. V. G. Shukhova / Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov*, 2016, no. 2, pp. 87–91 (in Russian).
12. A. V. Mazaev, Yu. V. Ivanova. Features of manufacturing method of double curved and variable thickness panel made of GLARE composite material. *Innovatsii, tekhnologii i biznes / Innovation, Technology and Business*, 2017, no. 3, pp. 76–82 (in Russian).
13. J. R. Thomson. *High integrity systems and safety management in hazardous industries*. Oxford, Butterworth-Heinemann, 2015. 360 p. DOI: 10.1016/C2014-0-01019-2.
14. I. V. Sitnikov, O. G. Krivopust, A. A. Odnolko, S. V. Artyshchenko. Simulation modeling of the fire area using the Monte-Carlo method in the framework of the integral mathematical model of fire. *Inzhenernyye sistemy i sooruzheniya / Engineering Systems and Constructions*, 2012, no. 4(9), pp. 75–82 (in Russian).
15. N. Alamgir, K. Nguyen, V. Chandran, W. Boles. Combining multi-channel color space with local binary co-occurrence feature descriptors for accurate smoke detection from surveillance videos. *Fire Safety Journal*, 2018, vol. 102, pp. 1–10. DOI: 10.1016/j.firesaf.2018.09.003.
16. A. V. Vytovtov. *Methods of using unmanned aircraft to ensure fire safety at oil and gas facility*. Cand. tech. sci. diss. Saint Petersburg, 2018. 112 p. (in Russian).
17. L. Dunnington, M. Nakagawa. Fast and safe gas detection from underground coal fire by drone fly over. *Environmental Pollution*, 2017, vol. 229, pp. 139–145. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.05.063.
18. A. Yu. Ustyuzhanina, A. A. Galkina, D. S. Fukalov, A. A. Sharafutdinov, I. A. Khayretdinov, I. F. Khafizov. Development and creation of a web application for modeling of emergencies at hazardous production facilities of the oil and gas complex. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov / Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2017, no. 1(107), pp. 210–218 (in Russian).
19. J. Zhao, H. Huang, G. Jomaas, M. Zhong, Y. Li. Spread and burning behavior of continuous spill fires. *Fire Safety Journal*, 2017, vol. 91, pp. 347–354. DOI: 10.1016/j.firesaf.2017.03.046.
20. A. V. Vytovtov, A. V. Kalach, V. Ya. Trofimets. Methodology of automated monitoring of linear objects of oil and gas complex with a free aircraft. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, no. 4, pp. 50–57 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2018.27.04.50-57.

For citation: A. V. Kalach, E. V. Kalach, A. V. Vytovtov. Use of free aircraft for ensuring the fire safety of linear objects of oil and gas industry. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, no. 12, pp. 49–55 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2018.27.12.49-55.

© Л. М. МЕШМАН, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, ВНИИПО МЧС России (Россия, 143903, г. Балашиха Московской обл., мкр. ВНИИПО, 12; e-mail: fire404@mail.ru)

УДК 614.844.2

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИКТУЮЩЕГО ОРОСИТЕЛЯ ВОДЯНЫХ АУП

Рассмотрены различные способы определения интенсивности орошения, в частности ориентировочный (приблизительный) — по паспортным данным коэффициента производительности, корректный — по эпюрам интенсивности орошения оросителя, достоверный — по графикам интенсивности орошения и адекватный — по эпюрам орошения оросителя. Показано, что наиболее простым и распространенным способом является ориентировочный (приблизительный), который применяется при отсутствии эпюр и графических зависимостей, наиболее точным — достоверный способ, а наиболее сложным — адекватный. Показано также, что вполне удовлетворительные результаты дает корректный способ, достаточно несложный при вычислении параметров диктующего оросителя.

Ключевые слова: давление; расход; интенсивность орошения; коэффициент производительности; К-фактор; эпюра.



ВОПРОС 1

Каким образом можно определить параметры диктующего оросителя водяных АУП?

ОТВЕТ:

Согласно СП 5.13130.2009 [1] гидравлическому расчету должно предшествовать определение требуемой интенсивности орошения. Прежде всего по приложению Б СП 5.13130.2009 [1] в соответствии с характеристиками помещений, производств или технологических процессов, которым удовлетворяет защищаемый объект, устанавливают группу подлежащих защите помещений. В зависимости от выбранной группы объекта защиты принимают нормативное значение интенсивности орошения.

Параметры диктующего оросителя (давление и расход) с учетом нормативного значения интенсивности орошения можно определить следующими расчетными способами:

- 1) ориентировочным (приблизительным) — по паспортным данным коэффициента производительности;
- 2) корректным — по эпюрам интенсивности орошения оросителя;
- 3) достоверным — по графикам интенсивности орошения;
- 4) адекватным — по эпюрам орошения оросителя.

Ориентировочный способ определения интенсивности орошения

Все оросители подвергают сертификационным испытаниям на соответствие, причем интенсивность орошения определяют на площади в форме круга радиусом 2 м $S_{12} = 12\text{ м}^2$ (кроме оросителей специального назначения, у которых площадь может быть другой формы и иного размера).

Расход огнетушащего вещества (ОТВ) q_{12} , приходящийся на площадь S_{12} при нормативной интенсивности орошения i_n , составит:

$$q_{12} = i_n S_{12}.$$

Однако следует учитывать, что не вся масса диспергируемого из оросителя огнетушащего вещества поступает непосредственно в защищаемую зону S_{12} , т. е. на площади круга радиусом $R_{2\text{м}}$ обеспечивается требуемое значение нормативной интенсивности орошения, а вся масса ОТВ, диспергируемого из оросителя, распределяется на площади круга радиусом $R_{\text{орош}}$ (рис. 1).

В зависимости от типа оросителя на площадь зоны орошения $\Delta S = (S_{\text{орош}} - S_{12})$ выпадает от 10 до 70 % всей массы огнетушащего вещества, приходящегося на S_{12} . Естественно, чем меньше ОТВ при одном и том же расходе сосредоточено в зоне периферийной площади ΔS , тем выше интенсивность орошения непосредственно в зоне площади S_{12} .

Таким образом, расход диктующего оросителя $q_{\text{дикт}}$ составит:

$$q_{\text{дикт}} = \varphi q_{12},$$

где φ — коэффициент распределения расхода ОТВ по орошаемой площади.

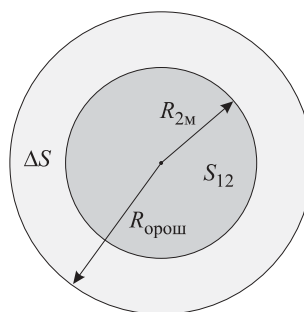


Рис. 1. Эпюра интенсивности орошения оросителя

В общем случае рекомендую принимать $\varphi = 1,3$.

Затем по паспортным данным принимают коэффициент производительности оросителя K и определяют давление у диктующего оросителя $P_{\text{дикт}}$, необходимое для обеспечения заданной нормативной интенсивности орошения:

$$P_{\text{дикт}} = [q_{\text{дикт}} / (10K)]^2.$$

Однако данный способ не учитывает характер вариации интенсивности орошения на расчетной площади S_{12} в зависимости от давления и высоты расположения оросителя.

Корректный способ определения интенсивности орошения

Корректный способ определения интенсивности орошения по эпюрам интенсивности орошения является более точным по сравнению с предыдущим.

В зарубежных проспектах на оросители такие эпюры, как правило, отсутствуют, так как производители этих оросителей не проводят подобных испытаний. В действующем международном стандарте ISO 6182-1 [2] в отличие от ГОСТ Р 51043–2002 [3] индивидуальные испытания оросителя на интенсивность орошения до настоящего времени не предусматривались*. Интенсивность орошения по этим стандартам определяется в квадратной зоне, расположенной между четырьмя одновременно работающими оросителями.

В связи с этим приводимые в отдельных проспектах зарубежных фирм эпюры орошения оросителей общего назначения характеризуют лишь видимую границу зоны орошения, не являются числовой характеристикой интенсивности орошения и только вводят в заблуждение специалистов проектных организаций.

Например, какую информацию несут эпюры орошения оросителя типа CU/P, приведенные на рис. 2? Анализ этих эпюр свидетельствует о том, что при постоянной высоте монтажа оросителя типа CU/P:

- повышение давления на оросителе, установленном розеткой вверх, практически не влияет на форму распыляемого потока ОТВ, из чего следует, в частности, неизменность как орошаемой площади, так и интенсивности орошения (см. рис. 2,а);
- повышение давления на оросителе, установленном розеткой вниз, вызывает расширение распыляемого потока, что увеличивает площадь орошаемой поверхности. Однако какова интенсивность орошения, сохраняется ли она неизменной, возрастает или уменьшается, по приведенным эпюрам выяснить не представляется возможным (см. рис. 2,б).

* В настоящее время в проекте новой редакции ISO 6182-1 [4] предлагается проведение индивидуальных испытаний оросителя на интенсивность орошения аналогично ГОСТ Р 51043-2002 [3].

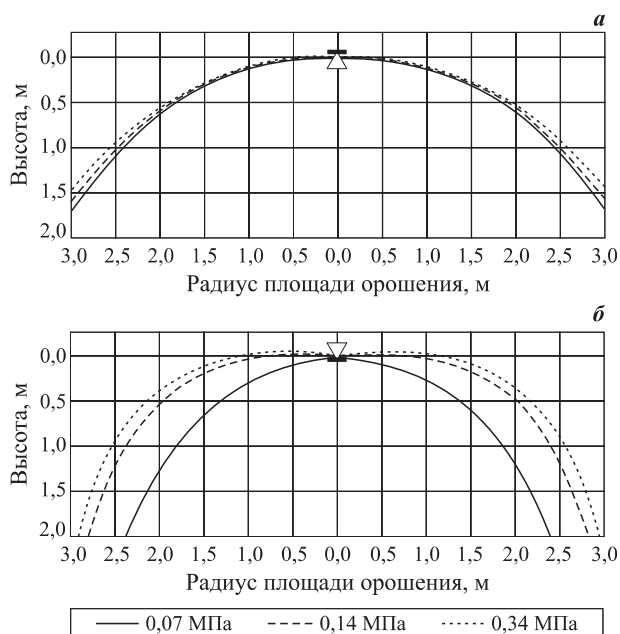


Рис. 2. Эпюры орошения универсальным оросителем типа CU/P при его монтажном расположении: а — розеткой вверх; б — розеткой вниз

Исходя из вышеизложенного для обеспечения проектировщиков водяных АУП качественной информацией в технической документации на оросители должны быть представлены эпюры интенсивности орошения в зависимости от давления и высоты их монтажа. Подобные эпюры для универсального оросителя типа РПТК приведены на рис. 3.

Зависимость интенсивности орошения от давления на оросителе в идеальном случае (при неизменности формы распыляемого потока ОТВ и площади орошения) должна быть выражена следующим образом:

$$q = 10KP^{0.5}, \text{ или } i_s = 10KP^{0.5},$$

откуда $i = 10KP^{0.5}/S$, или $i = f(P^{0.5})$.

Другими словами, при повышении давления в 2 раза и неизменной площади орошения интенсивность орошения должна увеличиться в 1,41 раза.

Однако согласно приведенным эпюрам интенсивности орошения, если ороситель РПТК установлен на высоте 2,5 м розеткой вверх, интенсивность орошения практически не зависит от давления (наблюдается ее незначительное увеличение) (см. рис. 3,а). В пределах площади орошения с радиусами 1,5; 2,0 и 2,5 м интенсивность орошения при повышении давления в 2 раза увеличивается всего на 0,005 л/(с·м²), что свидетельствует о значительном уменьшении площади орошения (при неизменной площади орошения интенсивность должна увеличиться на 41 %).

При установке оросителя РПТК розеткой вниз интенсивность орошения возрастает более существенно — примерно на 0,03 л/(с·м²) (см. рис. 3,б), что говорит

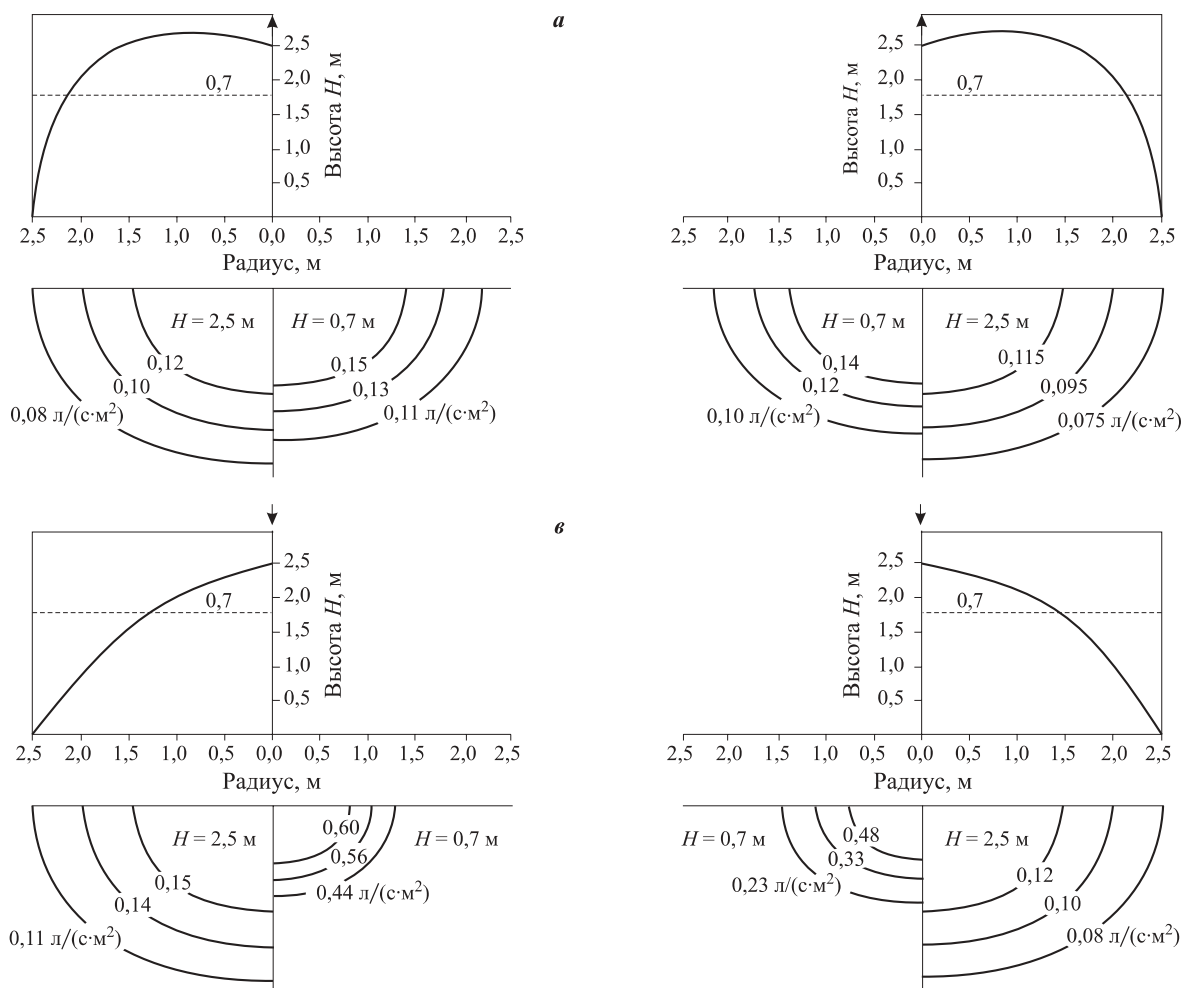


Рис. 3. Эпюры интенсивности орошения оросителем СВУ 10-Р68 типа РПТК мод. А, установленным на высоте 0,7 и 2,5 м розеткой вверх (а, б), розеткой вниз (в, г), при давлении подачи у оросителя 0,4 МПа (а, в) и 0,2 МПа (б, г)

о значительном увеличении площади орошения (при неизменной площади орошения интенсивность должна увеличиться на 41 %).

При повышении давления в 5 раз и неизменной площади орошения интенсивность орошения должна увеличиться в 2,24 раза (рис. 4,а и 4,б).

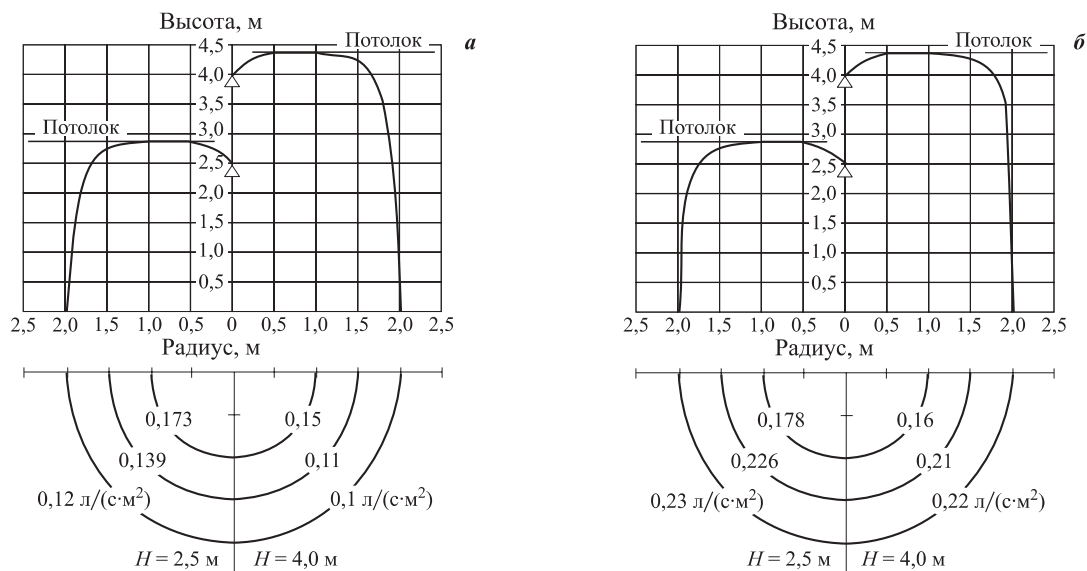


Рис. 4. Эпюры интенсивности орошения оросителем СВВ-15 (ДВВ-15), установленным на высоте 2,5 и 4,0 м, при давлении у оросителя 0,1 МПа (а) и 0,5 МПа (б)

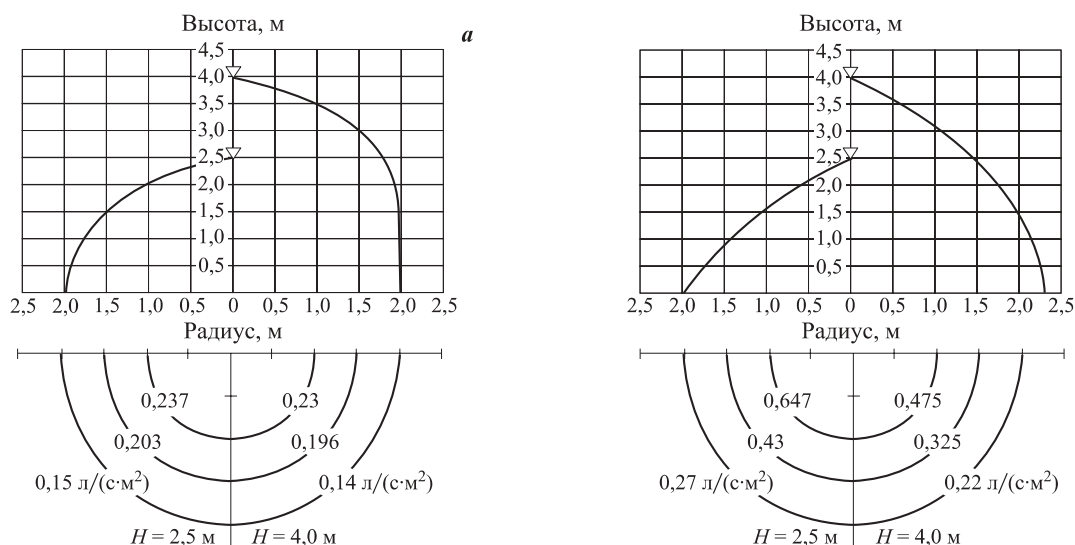


Рис. 5. Эпюры интенсивности орошения оросителем СВН-15 (ДВН-15), установленным на высоте 2,5 и 4,0 м, при давлении у оросителя 0,1 МПа (а) и 0,5 МПа (б)

Однако согласно эпюрам, приведенным на рис. 4,а и 4,б, при повышении давления в 5 раз и установке оросителя СВВ-15 (ДВВ-15) розеткой вверх на высоте 2,5 м в пределах площади радиусом 1 м интенсивность орошения практически не зависит от давления и увеличивается незначительно — с $0,173$ до $0,178 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$, а в пределах площади радиусом 2 м она повышается почти вдвое — с $0,12$ до $0,23 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$.

Практически такой же характер орошения наблюдается при монтаже оросителя на высоте 4 м: в пределах площади радиусом 1 м интенсивность орошения практически не зависит от давления и повышается незначительно — с $0,15$ до $0,16 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$, а в пределах площади радиусом 2 м — более чем вдвое — с $0,10$ до $0,22 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$.

Аналогичный характер распределения интенсивности орошения имеет ороситель СВН-15 (ДВН-15), установленный розеткой вниз (рис. 5). Отличие заключается лишь в том, что интенсивность орошения СВВ-15

(ДВВ-15) почти на любом из сравниваемых этапов выше, чем в аналогичных условиях у оросителя СВН-15 (ДВН-15).

Стоит отметить, что в зависимости от конструкции оросителя при неизменной высоте его установки площадь орошения по мере повышения давления может не только оставаться неизменной или увеличиваться, но и уменьшаться.

Если с возрастанием давления площадь орошения уменьшается, то повышается интенсивность орошения. Если же с возрастанием давления площадь орошения увеличивается, то интенсивность орошения может несколько повышаться, оставаться неизменной или существенно снижаться.

Достоверный способ определения интенсивности орошения

В последнее время Бийское ЗАО «ПО «Спецавтоматика» в документации на свои оросители представляет графические зависимости $i = f(K, P)$. Примером таких зависимостей могут служить приведенные на рис. 6 графики интенсивности орошения СВН (ДВН) с К-фактором (по зарубежной документации) $K_{ISO} = 57; 80; 115; 160 \text{ л}/(\text{мин}\cdot\text{бар}^{0.5})$, что соответствует коэффициенту производительности (по российской документации) $K_{РФ} = 0,30; 0,42; 0,61; 0,84 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^{0.5})$.

Допустим, объект защиты — помещения 2-й группы по приложению Б СП 5.13130.2009 [1]. Для данной группы интенсивность орошения должна быть не менее $0,12 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$. Проводим прямую линию, параллельную оси абсцисс на уровне ординаты, равной интенсивности орошения $i = 0,12 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$. Тогда при использовании оросителя с $K_{РФ} = 0,30 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^{0.5})$ давление на диктующем оросителе будет равно $0,48 \text{ МПа}$, с $K_{РФ} = 0,42 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^{0.5})$ — $0,26 \text{ МПа}$, с $K_{РФ} = 0,61 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^{0.5})$ — $0,17 \text{ МПа}$.

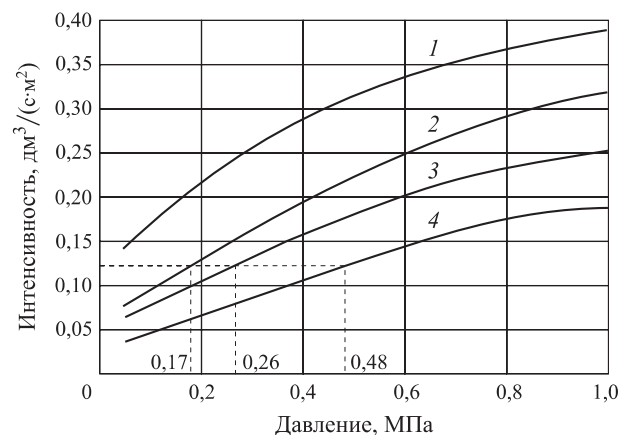


Рис. 6. Графики интенсивности орошения оросителем СВН (ДВН), установленным розеткой вниз, в зависимости от давления при значении K : 1 — 160; 2 — 115; 3 — 80; 4 — 57

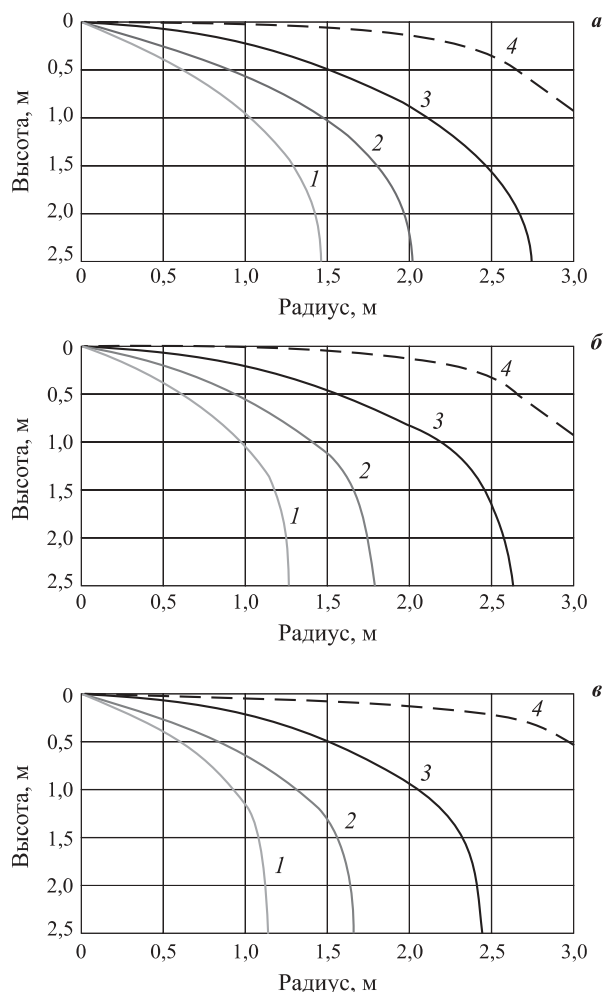


Рис. 7. Эпюры орошения оросителями TY 363 (TY-FRB, TY-B), установленными на высоте 2,5 м: а – давление у оросителя 0,05 МПа и расход 0,93 л/с; б – то же, 0,10 МПа и 1,37 л/с; в – то же, 0,21 МПа и 1,94 л/с; на площадь, ограниченную кривой 1, приходится 50 % расхода ОТВ, кривой 2 – 70 %, кривой 3 – 90 %, кривой 4 – 100 %

Расход диктующего оросителя типа СВН (ДВН) с $K_{ISO} = 0,42 \text{ л/(с·м}^{0,5})$ будет оставлять:

$$q_{\text{дикт}} = 10KP^{0,5},$$

т. е. $q_{\text{дикт}} = 10 \cdot 0,42 \cdot 0,26^{0,5} = 2,14 \text{ л/с.}$

Адекватный способ определения интенсивности орошения

После того как в проект новой редакции ISO 6182-1 введены испытания на интенсивность орошения одного оросителя, в технической документации на оросители стали приводиться эпюры орошения, аналогичные представленным, например, на рис. 7.

Задачей адекватного способа является вычисление давления и расхода диктующего оросителя для соответствующей группы помещений через известные параметры эпюры орошения (давление и расход оросителя, процентные доли расхода оросителя, приходящиеся на определенные площади).

Суть расчета интенсивности орошения по данному способу заключается в следующем:

- определяют по известным значениям расхода $q_{\text{исх}}$ и давления $P_{\text{исх}}$ коэффициент производительности оросителя: $K = q_{\text{исх}} / P_{\text{исх}}^{0,5}$;
- выбирают радиус соответствующей площади орошения S (проще, если площадь выбирают по кривой);
- вычисляют расход q_S огнетушащего вещества, приходящегося на выбранную площадь S , в соответствии с процентной долей, приведенной на эпюре (50, 70 или 90 %);
- определяют в пределах выбранной площади S среднюю интенсивность орошения: $i_S = q_S / S$;
- предполагая, что соблюдается пропорция между $i_S = P_{\text{исх}}^{0,5}$ и $i_n = P_{\text{дикт}}^{0,5}$, определяют давление у диктующего оросителя $P_{\text{дикт}}$ при нормативной интенсивности орошения i_n на выбранной площади S : $P_{\text{дикт}} = P_{\text{исх}} (i_n / i_S)^2$;
- определяют расход диктующего оросителя: $q_{\text{дикт}} = KP_{\text{дикт}}^{0,5}$.

Подробно алгоритм определения интенсивности орошения по эпюрам орошения, аналогичным приведенным на рис. 7, будет представлен в следующем номере журнала.



ВОПРОС

Согласно СП 5.13130.2018 (п. 5.1.14 и табл. 5.1) устанавливаются требования к водяным АУП. При этом обеспечить одновременно минимальный расход ОТВ и минимальную интенсивность орошения на минимальной площади невозможно. Например, для 1-й группы помещений требуется обеспечить интенсивность $0,08 \text{ л/(с·м}^2)$ и расход ОТВ 10 л/с на 60 м^2 , но если вычислить теоретическую площадь, на которой с требуемой интенсивностью должен быть обеспечен требуемый расход, то из формулы $Q = IS$ получится $S = Q/I = 10 \text{ л/с} : 0,08 \text{ л/(с·м}^2) = 125 \text{ м}^2$, что более чем в два раза больше минимальной площади тушения.

Прошу уточнить, правомерно ли принять для обеспечения параметров АУП значительное увеличение расчетной площади, например в два раза, для обеспечения требуемого расхода при сохранении нормативной интенсивности.

ОТВЕТ:

Ошибка таких рассуждений заключается в предположении, что интенсивность орошения в пределах всей принятой защищаемой площади одинакова. В принципе такой случай не исключен, если, например, для 1-й группы помещений принять диаметр распределительного трубопровода 65 мм и более, но это дорогостоящий вариант проекта, который может быть выполнен только при согласии заказчика.

На практике диаметр распределительной сети принимают от 20–25 до 35–40 мм, при этом диктующий ороситель должен обеспечить интенсивность орошения не менее нормативной. Поскольку у каждого последующего оросителя расход будет больше, чем у предыдущего, суммарный расход АУП может существенно превышать нормативный, причем эта разница тем больше, чем меньше диаметры распределительного трубопровода и расстояние между оросителями и чем больше оросителей расположено на защищаемой площади орошения.

В связи с этим согласно приложению Б (п. Б.1.1.9) СП 5.13130.2009 [1] расчет гидравлической распределительной сети спринклерной АУП начинается с определения расхода каждого оросителя, находящегося в принятой диктующей защищаемой площади орошения (с учетом того обстоятельства, что расход оросителей, установленных на распределительной сети, возрастает по мере удаления от диктующего оросителя), а затем устанавливают суммарный расход этих оросителей, представляющий собой расчетный расход спринклерной АУП.

Если при этом на защищаемой нормативной площади расчетный расход будет больше нормативных значений, приведенных в табл. 5.1–5.3 [1], то либо расход должен быть принят равным расчетному, либо следует повторить расчет при увеличенных диаметрах трубопроводов распределительной сети. Если на защищаемой нормативной площади расчетный расход АУП получится менее нормативных значений, приведенных в табл. 5.1–5.3 [1], то расход принимается равным нормативному.

Например, если расчетный расход АУП для помещений 1-й группы составил 12 л/с, то следует либо принять этот расход за проектный, либо увеличить диаметры трубопроводов распределительной сети, чтобы проектный расход не превышал нормативного значения, т. е. 10 л/с. Если расчетный расход АУП составил 9 л/с, то за проектный расход следует принять нормативное значение, т. е. 10 л/с.

Предлагаю всем сомневающимся провести небольшой поверочный гидравлический расчет распределительной сети для диктующей защищаемой площади орошения 60 и 120 м² (увеличенная в два раза площадь первой группы помещений) и сравнить полученные расходы.

Гидравлические расчеты водяных и пенных АУП подробно изложены в учебно-методических пособиях [5, 6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (ред. 01.06.2011). URL: <http://base.garant.ru/195658/> (дата обращения: 10.10.2018).

2. ISO 6182-1:2014. Fire Protection — Automatic Sprinkler Systems — Part 1: Requirements and test methods for sprinklers. URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:6182:-1:ed-3:v1:en> (дата обращения: 10.10.2018).

3. ГОСТ Р 51043–2002. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний. URL: <http://base.garant.ru/3924922/> (дата обращения: 10.10.2018).

4. ISO 6182-1. Fire Protection — Automatic Sprinkler Systems — Part 1: Requirements and test methods for sprinklers ISO-WD 6182-1 — Consolidated Sprinkler WG Draft Clean 20180731.

5. Мешман Л. М., Былинкин В. А., Губин Р. Ю., Романова Е. Ю. Автоматические водяные и пенные установки пожаротушения. Проектирование : учеб.-метод. пособ. — М. : ВНИИПО, 2009. — 572 с.

6. Мешман Л. М., Былинкин В. А., Губин Р. Ю., Романова Е. Ю. Оросители водяных и пенных автоматических установок пожаротушения : учеб.-метод. пособ. — М. : ВНИИПО, 2002. — 315 с.

Для цитирования: Мешман Л. М. Вычисление параметров диктующего оросителя водяных АУП // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2018. — Т. 27, № 12. — С. 56–61.

English

CALCULATION OF PARAMETERS OF THE DICTATING SPRINKLER OF WATER AFEI

L. M. MESHMAN, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia (12, VNIPO, Balashikha, Moscow Region, 143903; e-mail: fire404@mail.ru)

ABSTRACT

Various methods for determining the intensity of irrigation, in particular, the approximate (approximate) — according to the passport data of the coefficient of productivity, correct-according to the diagrams of irrigation intensity of the sprinkler, reliable — according to the graphs of irrigation intensity and adequate — according to the irrigation diagrams of the sprinkler. The simplest and most common method is the approximate method, which is used in the absence of plots and graphic dependencies, and the most accurate — a reliable way. Quite satisfactory results are presented by the correct method, which is quite simple when calculating the parameters of the dictating sprinkler. The most difficult way seems adequate.

Keywords: calculation; pressure; flow rate; dictating sprinkler; water distribution; productivity coefficient; K-factor; diagram.

For citation: L. M. Meshman. Calculation of parameters of the dictating sprinkler of water AFEI. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, no. 12, pp. 56–61 (in Russian).

© **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 614.841.3

ПРОФИЛАКТИКА ПОЖАРОВ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Указаны основные причины пожаров в отопительный сезон. Рассмотрены нормативные документы, регламентирующие порядок проведения пожарной профилактики в зимний период. Отмечены особенности безопасной эксплуатации печного отопления и электронагревательных приборов. Представлены конкретные мероприятия по предупреждению и техническому обслуживанию систем противопожарной защиты и технологического оборудования.

Ключевые слова: пожарная профилактика; отопительные печи; пожарная опасность; электрические сети; система пожаротушения; промышленная безопасность.



ВОПРОС:

С наступлением отопительного сезона повышается пожароопасная обстановка на объектах защиты. Именно на этот период приходится наибольшее число пожаров, связанных с нарушениями устройства и эксплуатации печей, а также электронагревательных приборов. Статистика по пожарам в данный период говорит о необходимости более активной противопожарной пропаганды как одной из основных форм профилактики пожаров и гибели людей. В связи с этим сотрудниками ГПС МЧС России ежегодно проводятся рейды по защищаемым объектам в целях разъяснения основных правил пожарной безопасности при эксплуатации отопительных приборов с вручением памяток.

Выполнение каких требований нормативных документов позволит обеспечить пожаробезопасную обстановку в зимний период?

ОТВЕТ:

С наступлением холодов население начинает активно использовать обогревательные приборы и отопительные печи, зачастую пренебрегая проверкой их исправного состояния. В ст. 81 Правил противопожарного режима в Российской Федерации (ППР) [1] указано, что за исправное состояние и безопасную эксплуатацию печей и других отопительных приборов отвечают руководитель организации и собственники жилых домов.

Около половины всех пожаров от обогревательных приборов приходится на дома с печным отоплением. За период простоя в печах и дымоходах накапливается сажа, начинаются разрушения: образуются трещины, повреждаются внешние отделочные материалы. Согласно п. 82 ППР [1] перед началом и в течение отопительного сезона следует очищать дымоходы и печи от сажи не реже 1 раза в 3 мес., печи и очаги непрерывного действия — не реже 1 раза в 2 мес., кухонные плиты и печи долговременной топки — не реже 1 раза в месяц. Зола и шлак, выгребаемые из топок, должны быть залиты водой и удалены в специально отведенное для них место [1]. Перед топкой следует

размещать на полу предтопочный лист из негорючего материала (обычно металлический) размерами не менее 0,5×0,7 м (п. 81 ППР [1]).

Кроме того, повреждения могут возникнуть в результате перекала печи, поэтому ее рекомендуется топить 2–3 раза в день по 1,5 ч и заканчивать за 2–3 ч до сна. Согласно п. 85 ППР [1] топку печей в зданиях и сооружениях (за исключением жилых домов) следует прекращать не менее чем за 2 ч до окончания работы, а в больницах и на других объектах защиты с круглосуточным пребыванием людей — за 2 ч до отхода больных ко сну. В детских учреждениях с дневным пребыванием людей топка должна заканчиваться не позднее чем за 1 ч до прихода детей [1]. При эксплуатации современных металлических печей длительного горения в дополнение к требованиям ППР [1] следует руководствоваться заводской инструкцией по эксплуатации и техническому обслуживанию.

Остальная часть пожаров приходится на электронагревательное оборудование. Здесь все причины возгорания можно разделить на две группы: первая — наличие горючих материалов вблизи отопительного прибора, а также использование его не по назначению, вторая — неисправности электронагревательного оборудования и перегрузки сети.

Для предотвращения возникновения пожаров по первой причине не следует оставлять без присмотра приборы, включенные в электрическую сеть, размещать их вблизи горючих веществ (ближе 1 м), использовать нагреватели в качестве сушилок для одежды и обуви (см. п. 42 ППР [1]). Уменьшение количества пожаров по второй причине возможно за счет исключения из применения самодельного электронагревательного оборудования, оборудования с видимыми повреждениями, а также оборудования, которое в процессе эксплуатации выделяет резкий неприятный запах (горелой пластмассы, тухлых яиц, рыбы, мертвого животного). Обычно такой запах исходит от розеток, в которые включено большое количество потребителей или несколько мощных приборов, создающих временную перегрузку электрической сети.

В результате нагрева контактных соединений изоляция проводов начинает разлагаться, выделяя при этом плохо пахнущие аэрозоли.

Помимо отопительного оборудования, необходимо помнить об утеплении отдельных узлов систем противопожарной защиты и технологического оборудования. Для исключения замерзания воды в заглубленных резервуарах автоматических установок водяного пожаротушения (АУВП) инструкцией по эксплуатации (РД 34.49.501–95) [2] требуется до начала морозов обязательное заполнение промежутка между нижней и верхней крышками люка утепляющим материалом (см. п. 5.3.7). Кроме того, следует выполнять осмотр и необходимый ремонт арматуры всасывающего трубопровода АУВП с аналогичным утеплением колодца (см. п. 5.4.1 РД [2]). На объектах защиты в случае промерзания трубопроводов запрещается проводить их отопление с помощью открытого огня (пп. 23 и 391 ППР [1]), а следует пользоваться пожаробезопасными способами, например горячей водой или паром (п. 147 ППР [1]).

Для системы приточной противодымной вентиляции с естественным побуждением в холодное время года следует предусматривать средства предотвращения промерзания притворов клапанов в проемах наружных ограждений здания (п. 8.8 СП 7.13130.2013 [3]). Клапаны дымовых люков также должны утепляться и проверяться на работоспособность не реже 1 раза в 10 сут (см. п. 114 ППР [1]).

В соответствии с требованиями пп. 24 и 55 ППР [1] в зимнее время должна выполняться очистка пожарных лестниц, гидрантов и резервуаров системы противопожарного водоснабжения от льда и снега.

Согласно Правилам промышленной безопасности [4, 5] на складах нефти и нефтепродуктов в зимний период необходимо регулярно очищать дыхательные клапаны и сетки от льда и инея в целях недопущения снижения их пропускной способности (см. п. 354 [1]).

Таким образом, профилактика пожаров в зимний период должна предусматривать проведение среди населения усиленной пропаганды в области безопасного использования отопительных приборов и электрических сетей, а также выполнение осмотров, технического обслуживания и ремонта технологического оборудования и поддержание в работоспособном состоянии систем противопожарной защиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила противопожарного режима в Российской Федерации : постановление Правительства РФ от 25.04.2012

№ 390 (в ред. от 30.12.2017) // Собрание законодательства РФ. — 2012. — № 19, ст. 2415.

2. РД 34.49.501–95. Типовая инструкция по эксплуатации автоматических установок водяного пожаротушения. — Введ. 01.01.1997. — М. : СПО ОРГРЭС, 1996.

3. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности. — Введ. 25.02.2013. — М. : Стандартинформ, 2013.

4. Правила промышленной безопасности складов нефти и нефтепродуктов. — Введ. 03.06.2017. — М. : Ростехнадзор, 2017.

5. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. — Введ. 10.12.2013. — М. : Ростехнадзор, 2013.

Для цитирования: Харламенков А. С. Профилактика пожаров в зимний период // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2018. — Т. 27, № 12. — С. 62–63.

English

PREVENTION OF FIRES IN THE WINTER PERIOD

A. S. KHARLAMENKOV, Senior Lecturer of 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 causes of fires during the heating season are indicated. Regulatory documents regulating the procedure for conducting fire prevention in the winter period are considered. The features of safe operation of furnace heating and electric heating appliances are noted. There are presented specific measures for the prevention and technical maintenance of fire protection systems and process equipment.

Keywords: fire prevention; heating furnaces; fire hazard; electrical networks; fire extinguishing system; industrial safety.

For citation: A. S. Kharlamenkov. Prevention of fires in the winter period. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, no. 12, pp. 62–63 (in Russian).

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ!

Направляемые в журнал “ПОЖАРОВЗРЫВБЕЗОПАСНОСТЬ / FIRE AND EXPLOSION SAFETY” 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 ведомству, 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 200–250 слов.

Структура резюме должна повторять структуру статьи и включать четко обозначенные подразделы Введение (Introduction), Цели и задачи (Aims and Purposes), Методы (Methods), Результаты (Results), Обсуждение (Discussion), Заключение (выводы) (Conclusions).

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 общеупотребительных, следует применять в исключительных случаях или давать их расшифровку и определение при первом упоминании в тексте резюме.

В авторское резюме не следует 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. Различность 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: подрисунковой подписи и всех текстовых надписей на самом рисунке;
- для схемы: подписи к ней и всего содержания самой схемы.

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

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

В описании источников необходимо указывать всех авторов.

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, ссылки на сайты компаний и т. п.). При этом количество ссылок на статьи из иностранных научных журналов и другие иностранные источники должно быть не менее 40 % от общего количества ссылок. Не более половины от оставшихся 60 % должны составлять статьи из русскоязычных научных журналов, остальное — другие первоисточники на русском языке.

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 циф-

рового 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 научной специальности или группе специальностей. Для поиска рекомендуется использовать ресурс <http://www.dissercat.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 (пристатейные списки литературы на английском языке). Представление в References только транслитерированного (без перевода) описания недопустимо. Обращаем Ваше внимание, что перевод названия статей 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 справа сверху 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: D. N. Sokolov, L. P. Vogman, V. A. Zuykov. Microbiological spontaneous ignition. *Pozharnaya bezopasnost / Fire Safety*, 2012, no. 1, pp. 35–48 (in Russian) (другие примеры см. www.fire-smi.ru).

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

4. 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.

5. 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 / Fire and Explosion Safety”, согласны с условиями публикации или отклонения рукописи, а также с правилами ее оформления!

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ ЗА 2018 г.

А

- Адаев А. А.** см. Захматов В. Д.
Аксенов А. А. см. Савчук О. Н.
Алешков М. В., Цариченко С. Г., Холостов А. Л., Гусев И. А. Обеспечение пожарной безопасности объектов энергетики путем разработки и применения мобильной робототехники пожаротушения, № 9, 35
Альменбаев М. М. см. Константинова Н. И.
Аманкешулы Д. см. Бутузов С. Ю.
Антонов Д. В., Войтков И. С., Волков Р. С., Жданова А. О., Кузнецов Г. В., Хасанов И. Р., Шлегель Н. Е. Влияние специализированных добавок на эффективность локализации пламенного горения и термического разложения лесных горючих материалов, № 9, 5
Асеева Р. М. см. Кобелев А. А.
Ахмедов А. Б., Шимко В. Ю., Пузач С. В. Ослабление лучистого теплового потока противопожарной преградой “СОГДА”, № 4, 58

Б

- Бабич Б.** см. Нестеренко А. Г.
Баканов М. О. см. Тараканов Д. В.
Баканов М. О. см. Топольский Н. Г.
Бакиров И. К. О некоторых положениях статьи “Методика расчета пожарного риска на производственных объектах с жидкими моторными топливами с учетом применения порошковых огнетушителей”, № 9, 64
Бакиров И. К., Челекова Е. Ю. Универсальный пожарный ствол, № 1, 69
Башаричев А. В. см. Иванов А. В.
Бегишев И. Р. см. Грохотов М. А.
Безруков В. А. см. Григорьев И. В.
Бекасов А. В. см. Захматов В. Д.
Беликов А. К. см. Грохотов М. А.
Беспалько С. В. см. Евсеев Д. Г.
Богданов А. В. см. Присадков В. И.
Бутузов С. Ю., Аманкешулы Д., Рыженко Н. Ю. Модель поддержки управления подготовкой магистров в образовательных учреждениях пожарнотехнического профиля, № 6, 31
Бутузов С. Ю., Крючков А. В., Самарин И. В. Метод количественного расчета совокупного фактора влияния персонала на устойчивость специального программного обеспечения автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности, № 7-8, 60

- Быков А. И., Новак А. В.** Методика построения моделей зон термического поражения при пожаре на магистральном газопроводе, № 11, 41

В

- Войтков И. С.** см. Антонов Д. В.
Волков Р. С. см. Антонов Д. В.
Вытовтов А. В., Калач А. В., Трофимец В. Я. Методика автоматизированного мониторинга линейных объектов нефтегазового комплекса с беспилотного воздушного судна, № 4, 50
Вытовтов А. В. см. Калач А. В.

Г

- Гилетич А. Н.** см. Шебеко Ю. Н.
Глуховенко Ю. М. см. Коробко В. Б.
Горев В. А., Мольков В. В. О зависимости параметров внутреннего взрыва от устройства предохранительных конструкций в проемах ограждающих стен промышленных и жилых зданий, № 10, 6
Гравит М. В. см. Прусаков В. А.
Грачев Д. С. см. Топольский Н. Г.
Григорьев И. В., Кутузов В. В., Безруков В. А., Корольков А. П., Османов Ш. А. Электроиндукционный метод контроля параметров аэродисперсной системы и раннего обнаружения термического разложения кабельной продукции и других материалов, № 12, 37
Гринченко Б. Б., Тараканов Д. В. Модель управления безопасностью при работах на пожарах в непригодной для дыхания среде, № 6, 45
Грохотов М. А., Бегишев И. Р., Комаров А. А., Беликов А. К. Кинетический подход при расчете параметров пожаровзрывоопасности газовых смесей метана с хлором, № 2-3, 27
Гудин С. В. см. Зуев Н. Ю.
Гурлев И. В. см. Коробко В. Б.
Гусев И. А. см. Алешков М. В.
Гуторов К. В. см. Прусаков В. А.

Д

- Дао Ань Туан** см. Минаев В. А.
Денисов А. Н. см. Степанов О. И.
До Тхань Тунг см. Пузач С. В.
Дорожкин А. С. см. Захматов В. Д.

Е

Евсеев Д. Г., Филиппов В. Н., Петров Г. И., Шебеко Ю. Н., Беспалько С. В. О необходимости формирования единой технической политики для обеспечения пожарной безопасности перевозки опасных грузов по железным дорогам России, № 9, 26

Екубов У. А. см. Усманов М. Х.

Елисеев Ю. Н., Сысоева Т. П., Скودтаев С. В., Парийская А. Ю., Рощина Я. В., Калач Е. В. Соединение автомобильных проводников методом ультразвуковой сварки. Пожарная опасность, № 10, 38

Еремина Т. Ю., Фадеев В. Е. К оценке возможности внедрения экранных стен на объектах с массовым пребыванием людей, № 2-3, 57

Еремина Т. Ю., Юг А. Некоторые аспекты основ подготовки методических рекомендаций по организации учебной эвакуации детей различного возраста, № 4, 6

Еремина Т. Ю. см. Константинова Н. И.

Еремина Т. Ю. см. Присадков В. И.

Ж

Жданова А. О. см. Антонов Д. В.

З

Захматов В. Д., Турсенев С. А., Мироньев А. В., Чернышов М. В., Озеров А. В., Дорожкин А. С. Анализ существующих и обоснование применения новой автоматической системы пожаровзрывозащиты судов, кораблей, нефтедобывающих платформ, № 9, 50

Захматов В. Д., Турсенев С. А., Чернышов М. В., Адаев А. А., Бекасов А. В. Новые средства обеспечения эвакуации в общественных зданиях с массовым пребыванием людей, № 5, 61

Захматов В. Д. см. Костюченко Е. Г.

Зокоев В. А. см. Нестеренко А. Г.

Зосимова О. С., Корольченко Д. А. Натурные наблюдения за скоростью свободного движения пациентов гинекологического отделения в Китае, № 12, 27

Зуев Н. Ю., Хабибуллин Р. Ш., Шихалев Д. В., Гудин С. В. Информационная технология экспертного опроса специалистов нефтегазовой отрасли для предотвращения пожаров на объектах защиты, № 5, 17

И

Иванов А. В., Мифтахутдинова А. А., Ивахнюк Г. К., Башаричев А. В. Физико-технологические принципы и методика управления пожароопасными

процессами при обращении с жидкими углеводородами в условиях стабилизации наноструктур, № 12, 7

Ивахнюк Г. К. см. Иванов А. В.

Ивахнюк Г. К. см. Королева Л. А.

Ивахнюк Г. К. см. Хайдаров А. Г.

Ищенко А. Д., Ключ В. В., Полянко С. В., Таранцев А. А. О построении уточненного совмещенного графика для расчета сил и средств для тушения пожара, № 2-3, 82

К

Каверзнева Т. Т. см. Сенченко В. А.

Калач А. В., Калач Е. В., Вытовтов А. В. Использование беспилотных воздушных судов для обеспечения пожарной безопасности линейных объектов нефтегазовой отрасли, № 12, 49

Калач А. В. см. Вытовтов А. В.

Калач Е. В. см. Елисеев Ю. Н.

Калач Е. В. см. Калач А. В.

Каменецкая Н. В., Медведева О. М., Хитов С. Б., Маслаков М. Д. Методика оценки риска отказа в работе специальной техники в ходе ликвидации чрезвычайной ситуации, № 2-3, 5

Клейменов А. В. см. Кожевин Д. Ф.

Ключ В. В. см. Ищенко А. Д.

Кобелев А. А., Круглов Е. Ю., Асеева Р. М., Серков Б. Б., Шутов Ф. А. Термическое поведение полимерной теплоизоляции пониженной горючести, № 4, 13

Коваль Д. Н. см. Королева Л. А.

Кожевин Д. Ф., Новиков В. Р., Поляков А. С., Клейменов А. В. Методика расчета пожарного риска на производственных объектах с жидкими моторными топливами с учетом применения порошковых огнетушителей, № 1, 27

Колбашов М. А. см. Тараканов Д. В.

Комаров А. А., Корольченко Д. А., Фан Туан Ань. Особенности определения коэффициента динамичности при импульсных нагрузках, № 2-3, 37

Комаров А. А. см. Грохотов М. А.

Комраков П. В. см. Пузач С. В.

Конин Д. В. см. Пронин Д. Г.

Константинова Н. И., Еремина Т. Ю., Николаева Е. А., Альменбаев М. М. Особенности выбора огнезащитных составов для текстильных материалов, № 9, 17

Константинова Н. И., Смирнов Н. В., Шебеко А. Ю. К вопросу об оценке эффективности огнезащиты полимерных материалов, № 7-8, 32

Коробец Б. Н. см. Минаев В. А.

Коробко В. Б., Глуховенко Ю. М., Овчинский А. С., Гурлев И. В. Актуализация требований пожарной безопасности на основе риск-ориентированного подхода, № 6, 7

Королева Л. А., Хайдаров А. Г., Ивахнюк Г. К., Коваль Д. Н. Эксергетический подход к оценке энергоэкологической эффективности и пожарной опасности грузовых перевозок на железнодорожном транспорте, № 7-8, 43

Королева Л. А. см. Хайдаров А. Г.

Корольков А. П. см. Григорьев И. В.

Корольченко А. Д. см. Поландов Ю. Х.

Корольченко Д. А. см. Зосимова О. С.

Корольченко Д. А. см. Комаров А. А.

Костюченко Е. Г., Захматов В. Д. Определение предельных состояний пустотных преднапряженных железобетонных плит перекрытий при огневом воздействии под нагрузкой, № 2-3, 67

Кочетыгов В. А. см. Полегонько В. И.

Красавин А. В., Крепышев С. А., Медяник М. В. Аналитический обзор специальных технических условий для объектов нефтегазовой промышленности, № 2-3, 14

Крейтор В. П. см. Савчук О. Н.

Крепышев С. А. см. Красавин А. В.

Круглов Е. Ю. см. Кобелев А. А.

Крючков А. В. см. Бутузов С. Ю.

Крючков А. В. см. Топольский Н. Г.

Кузнецов Г. В. см. Антонов Д. В.

Кулдашев А. Х. см. Усманов М. Х.

Кулдашев И. Х. см. Усманов М. Х.

Кусаинов А. Б. Алгоритм оргпроектирования гарнизона противопожарной службы города, № 11, 23

Кусаинов А. Б. см. Раимбеков К. Ж.

Кутузов В. В. см. Григорьев И. В.

Л

Ле Ань Туан см. Пузач С. В.

Лебедченко О. С. см. Пузач С. В.

Леликов Г. Д. см. Сенченко В. А.

М

Максимов А. В. см. Матвеев А. В.

Маслаков М. Д. см. Каменецкая Н. В.

Матвеев А. В., Максимов А. В., Щербаков О. В., Смирнов А. С. Метод оценки достоверности количественного анализа риска на объектах нефтегазовой отрасли, № 1, 35

Медведева О. М. см. Каменецкая Н. В.

Медяник М. В. см. Красавин А. В.

Мельников А. И. Влияние межфазного натяжения на интенсивность подачи и удельный расход фторированного пенообразователя с добавками хлорида аммония, № 2-3, 93

Мешман Л. М. Вычисление параметров диктующего оросителя водяных АУП, № 12, 56

Мешман Л. М. Мнение по статье Таранцева А. А., Сытдыкова М. Р., Пивоварова Н. Ю. "К вопросу об оценке живучести сетей наружного противопожарного водопровода", № 10, 74

Мешман Л. М. Требования по проектированию АУП и ВПВ применительно к дошкольным образовательным и общеобразовательным организациям, № 11, 67

Минаев В. А., Топольский Н. Г., Коробец Б. Н., Дао Ань Туан. Модели оптимального распределения кадровых ресурсов противопожарной службы на основе типологизации территорий по пожарным рискам, № 6, 18

Мироньчев А. В. см. Захматов В. Д.

Мифтахутдинова А. А. см. Иванов А. В.

Михайлов К. А. см. Топольский Н. Г.

Моисеев Ю. Н. см. Тараканов Д. В.

Мольков В. В. см. Горев В. А.

Музафаров У. Т. см. Усманов М. Х.

Н

Нгуен Туан Ань см. Топольский Н. Г.

Недобитков А. И. Особенности короткого замыкания в автомобильной электрической сети, № 5, 34

Недобитков А. И. Признаки электродугового процесса при экспертном исследовании после пожара медной контактной пластины автомобильного блока предохранителей, № 11, 30

Нестеренко А. Г., Шепелюк С. И., Зокоев В. А., Бабич Б. Совершенствование мероприятий по обеспечению безопасности при угрозе возникновения лесных пожаров, № 10, 56

Николаева Е. А. см. Константинова Н. И.

Новак А. В. см. Быков А. И.

Новиков В. Р. см. Кожевин Д. Ф.

О

Овчинский А. С. см. Коробко В. Б.

Озеров А. В. см. Захматов В. Д.

Османов Ш. А. см. Григорьев И. В.

П

Парийская А. Ю. см. Елисеев Ю. Н.

Петров Г. И. см. Евсеев Д. Г.

Пивоваров Н. Ю. см. Таранцев А. А.

- Поландов Ю. Х., Корольченко А. Д.** Об условиях развития вибрационного горения при газовом взрыве в незамкнутом объеме, № 7-8, 9
- Поландов Ю. Х., Корольченко А. Д.** Способ расчета концентрации газа в негерметичной емкости в процессе ввода газа, № 4, 33
- Полегонько В. И., Кочетыгов В. А.** Когда же Росаккредитация услышит специалистов в области пожарной безопасности?, № 4, 67
- Полынько С. В.** см. Ищенко А. Д.
- Поляков А. С.** см. Кожевин Д. Ф.
- Портнов Ф. А.** Влияние модификаторов на характеристики пенококса, образующегося при термическом разложении древесины, № 4, 24
- Присадков В. И., Еремина Т. Ю., Богданов А. В., Сушкова О. В., Тихонова Н. В.** Обзор международных нормативных документов, регламентирующих правила пожарной безопасности для объектов исторического и культурного наследия, № 5, 7
- Присадков В. И., Еремина Т. Ю., Богданов А. В., Сушкова О. В., Тихонова Н. В.** Требуемый уровень пожарной безопасности музеев — объектов культурного наследия, № 4, 42
- Пронин Д. Г., Конин Д. В.** Проблемы применения стальных и железобетонных несущих конструкций высотных зданий с точки зрения их огнестойкости, № 1, 50
- Прусаков В. А., Гравит М. В., Тимофеев Н. С., Симоненко Я. Б., Гуторов К. В., Шевченко А. М. К. С.** Огнезащита деформационных и линейных швов зданий и сооружений, № 2-3, 45
- Пузач С. В., Ле Ань Туан.** Обоснование выбора параметров горения древесной массы деревьев для расчета воздействия верховых лесных пожаров на объекты энергетики Вьетнама, № 11, 5
- Пузач С. В., Ситников И. В., Лебедченко О. С., Комраков П. В., До Тхань Тунг.** Влияние неоднородного распределения температур по высоте помещения на высоту плоскости равных давлений при пожаре, № 7-8, 24
- Пузач С. В.** см. Ахмедов А. Б.

Р

- Раимбеков К. Ж., Кусаинов А. Б.** Анализ пожаров в Республике Казахстан методами математической статистики, № 2-3, 75
- Рощина Я. В.** см. Елисеев Ю. Н.
- Румянцева Н. В.** см. Сенченко В. А.
- Рыженко Н. Ю.** см. Бутузов С. Ю.

С

- Савчук О. Н., Крейтор В. П., Аксенов А. А.** Пути совершенствования методики оценки риска химической опасности при перевозке АХОВ автомобильным транспортом, № 10, 46

- Самарин И. В.** см. Бутузов С. Ю.
- Самарин И. В.** см. Топольский Н. Г.
- Самошин Д. А.** см. Хасуева З. С.
- Сенченко В. А., Каверзнева Т. Т., Румянцева Н. В., Скрипник И. Л., Леликов Г. Д.** Внедрение стационарных анкерных устройств для безопасной эксплуатации на высоте опор воздушных линий связи и линий электропередач, № 1, 58
- Серков Б. Б.** см. Кобелев А. А.
- Сёмин А. А., Фомин А. М., Холщевников В. В.** Проблема организации безопасной эвакуации пациентов лечебных учреждений при пожаре, № 7-8, 74
- Симоненко Я. Б.** см. Прусаков В. А.
- Ситников И. В.** см. Пузач С. В.
- Скодтаев С. В.** см. Елисеев Ю. Н.
- Скрипник И. Л.** см. Сенченко В. А.
- Смирнов А. С.** см. Матвеев А. В.
- Смирнов Н. В.** см. Константинова Н. И.
- Степанов О. И., Денисов А. Н.** Экспериментальное обоснование создания позиций по тушению с применением специальных пожарных автомобилей, № 11, 58
- Строгонов А. Ю.** см. Топольский Н. Г.
- Сушкова О. В.** см. Присадков В. И.
- Сысоева Т. П.** см. Елисеев Ю. Н.
- Сытдыков М. Р.** см. Таранцев А. А.

Т

- Тараканов Д. В., Баканов М. О., Колбашов М. А., Моисеев Ю. Н.** Автоматизированная информационная система связи и управления пожарно-спасательными подразделениями, № 2-3, 20
- Тараканов Д. В.** см. Гринченко Б. Б.
- Тараканов Д. В.** см. Топольский Н. Г.
- Таранцев А. А., Сытдыков М. Р., Пивоваров Н. Ю.** К вопросу об оценке живучести сетей наружного противопожарного водопровода, № 10, 66
- Таранцев А. А.** см. Ищенко А. Д.
- Тимофеев Н. С.** см. Прусаков В. А.
- Тихонова Н. В.** см. Присадков В. И.
- Топольский Н. Г., Крючков А. В., Грачев Д. С., Михайлов К. А.** Определение состава программ в специальном программном обеспечении автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объектов, № 7-8, 67
- Топольский Н. Г., Крючков А. В., Михайлов К. А., Нгуен Туан Ань.** Модель оценки влияния человека на устойчивость специального программного обеспечения автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности, № 7-8, 53

Топольский Н. Г., Самарин И. В., Строгонов А. Ю. Методика оценки эффективности управления мероприятиями пожарной безопасности на объектах ТЭК в составе автоматизированной системы поддержки управления, № 12, 19

Топольский Н. Г., Самарин И. В., Строгонов А. Ю. Модель оценки обеспечения комплексной безопасности в АСУТП с применением диагностики пожарных извещателей для построения автоматизированной системы поддержки управления пожаровзрывобезопасностью, № 11, 15

Топольский Н. Г., Тараканов Д. В., Баканов М. О. Многокритериальная модель мониторинга пожара в здании для управления пожарно-спасательными подразделениями, № 5, 26

Топольский Н. Г. см. Минаев В. А.

Трофимец В. Я. см. Вытовтов А. В.

Турсенев С. А. см. Захматов В. Д.

У

Усманов М. Х., Кулдашев А. Х., Музафаров У. Т., Екубов У. А., Кулдашев И. Х. Опыт применения теплозащитных экранов “СОГДА” на пожаровзрывоопасных объектах в Узбекистане, № 5, 50

Ф

Фадеев В. Е. см. Еремина Т. Ю.

Фан Туан Ань см. Комаров А. А.

Филиппов В. Н. см. Евсеев Д. Г.

Фомин А. М. см. Сёмин А. А.

Х

Хабибулин Р. Ш. см. Зуев Н. Ю.

Хайдаров А. Г., Королева Л. А., Ивахнюк Г. К. Экспертная оценка пожарной опасности перевозок на железнодорожном транспорте, № 10, 26

Хайдаров А. Г. см. Королева Л. А.

Харламенков А. С. Здания и помещения с массовым пребыванием людей, № 9, 66

Харламенков А. С. Кабельная продукция из алюминиевых сплавов как альтернатива меди, № 6, 70

Харламенков А. С. Категорирование помещений газовых котельных по взрывопожарной и пожарной опасности, № 11, 70

Харламенков А. С. Надзор за обеспечением пожарной безопасности электроустановок, № 10, 76

Харламенков А. С. Оценка вероятности возникновения пожара от электрооборудования для расчета пожарного риска, № 2-3, 99

Харламенков А. С. Профилактика пожаров в зимний период, № 12, 62

Харламенков А. С. Требования боевого устава подразделений пожарной охраны к участникам тушения пожара при наличии электроустановок под напряжением, № 4, 70

Харламенков А. С. Требования пожарной безопасности к культовым сооружениям, № 7-8, 89

Харламенков А. С. Требования пожарной безопасности к собственникам объектов защиты при смене категории и целевого назначения помещений, № 1, 77

Хасанов И. Р. см. Антонов Д. В.

Хасуева З. С., Самошин Д. А. Параметры движения людских потоков, состоящих из беременных пациенток учреждений родовспоможения, № 6, 52

Хитов С. Б. см. Каменецкая Н. В.

Холостов А. Л. см. Алешков М. В.

Холщевников В. В. Терминология или идеология — препятствие безопасной эвакуации людей из высотных зданий при пожаре, № 1, 5

Холщевников В. В. см. Сёмин А. А.

Ц

Цариченко С. Г. см. Алешков М. В.

Ч

Челекова Е. Ю. см. Бакиров И. К.

Чернышов М. В. см. Захматов В. Д.

Ш

Шебеко А. Ю. см. Константинова Н. И.

Шебеко А. Ю. см. Шебеко Ю. Н.

Шебеко Ю. Н., Шебеко А. Ю., Гилетич А. Н. Методы определения требуемых пределов огнестойкости строительных конструкций производственных объектов, № 11, 51

Шебеко Ю. Н. см. Евсеев Д. Г.

Шевченко А. М. К. С. см. Прусаков В. А.

Шепелюк С. И. см. Нестеренко А. Г.

Шимко В. Ю. см. Ахмедов А. Б.

Шихалев Д. В. см. Зуев Н. Ю.

Шлегель Н. Е. см. Антонов Д. В.

Шутов Ф. А. см. Кобелев А. А.

Щ

Щербаков О. В. см. Матвеев А. В.

Ю

Юг А. см. Еремина Т. Ю.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ В 2018 г.

Фамилии авторов и название статей	Номер журнала	Стр.
ЮБИЛЕИ		
ПОКРОВСКОЙ Елене Николаевне — 80 лет	6	5
КОРОЛЬЧЕНКО Александру Яковлевичу — 80 лет	12	1
НОВОСТИ, КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ		
ТОП-5 будущих технологий безопасности	7-8	6
ОБЩИЕ ВОПРОСЫ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ		
Еремина Т. Ю., Юг А. Некоторые аспекты основ подготовки методических рекомендаций по организации учебной эвакуации детей различного возраста	4	6
Каменецкая Н. В., Медведева О. М., Хитов С. Б., Маслаков М. Д. Методика оценки риска отказа в работе специальной техники в ходе ликвидации чрезвычайной ситуации	2-3	5
Коробко В. Б., Глуховенко Ю. М., Овчинский А. С., Гурлев И. В. Актуализация требований пожарной безопасности на основе риск-ориентированного подхода	6	7
Красавин А. В., Крепышев С. А., Медяник М. В. Аналитический обзор специальных технических условий для объектов нефтегазовой промышленности	2-3	14
Присадков В. И., Еремина Т. Ю., Богданов А. В., Сушкова О. В., Тихонова Н. В. Обзор международных нормативных документов, регламентирующих правила пожарной безопасности для объектов исторического и культурного наследия	5	7
Холщевников В. В. Терминология или идеология — препятствие безопасной эвакуации людей из высотных зданий при пожаре	1	5
ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ, ДЕТОНАЦИИ И ВЗРЫВА		
Антонов Д. В., Войтков И. С., Волков Р. С., Жданова А. О., Кузнецов Г. В., Хасанов И. Р., Шлегель Н. Е. Влияние специализированных добавок на эффективность локализации пламенного горения и термического разложения лесных горючих материалов	9	5
Горев В. А., Мольков В. В. О зависимости параметров внутреннего взрыва от устройства предохранительных конструкций в проемах ограждающих стен промышленных и жилых зданий	10	6
Поландов Ю. Х., Корольченко А. Д. Об условиях развития вибрационного горения при газовом взрыве в незамкнутом объеме	7-8	9
Пузач С. В., Ле Ань Туан. Обоснование выбора параметров горения древесной массы деревьев для расчета воздействия верховых лесных пожаров на объекты энергетики Вьетнама	11	5
Пузач С. В., Ситников И. В., Лебедченко О. С., Комраков П. В., До Тхань Тунг. Влияние неоднородного распределения температур по высоте помещения на высоту плоскости равных давлений при пожаре	7-8	24
БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ		
Грохотов М. А., Бегишев И. Р., Комаров А. А., Беликов А. К. Кинетический подход при расчете параметров пожаровзрывоопасности газовых смесей метана с хлором	2-3	27

Фамилии авторов и название статей	Номер журнала	Стр.
Иванов А. В., Мифтахутдинова А. А., Ивахнюк Г. К., Башаричев А. В. Физико-технологические принципы и методика управления пожароопасными процессами при обращении с жидкими углеводородами в условиях стабилизации наноструктур	12	7
Кобелев А. А., Круглов Е. Ю., Асеева Р. М., Серков Б. Б., Шутов Ф. А. Термическое поведение полимерной теплоизоляции пониженной горючести	4	13
Константинова Н. И., Еремина Т. Ю., Николаева Е. А., Альменбаев М. М. Особенности выбора огнезащитных составов для текстильных материалов	9	17
Константинова Н. И., Смирнов Н. В., Шебеко А. Ю. К вопросу об оценке эффективности огнезащиты полимерных материалов	7-8	32
Королева Л. А., Хайдаров А. Г., Ивахнюк Г. К., Коваль Д. Н. Эксергетический подход к оценке энергоэкологической эффективности и пожарной опасности грузовых перевозок на железнодорожном транспорте	7-8	43
Портнов Ф. А. Влияние модификаторов на характеристики пенококса, образующегося при термическом разложении древесины	4	24
Хайдаров А. Г., Королева Л. А., Ивахнюк Г. К. Эксергетическая оценка пожарной опасности перевозок на железнодорожном транспорте	10	26

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

Бутузов С. Ю., Аманкешулы Д., Рыженко Н. Ю. Модель поддержки управления подготовкой магистров в образовательных учреждениях пожарно-технического профиля	6	31
Бутузов С. Ю., Крючков А. В., Самарин И. В. Метод количественного расчета совокупного фактора влияния персонала на устойчивость специального программного обеспечения автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности	7-8	60
Гринченко Б. Б., Тараканов Д. В. Модель управления безопасностью при работах на пожарах в непригодной для дыхания среде	6	45
Зуев Н. Ю., Хабибуллин Р. Ш., Шихалев Д. В., Гудин С. В. Информационная технология экспертного опроса специалистов нефтегазовой отрасли для предотвращения пожаров на объектах защиты	5	17
Кусаинов А. Б. Алгоритм оргпроектирования гарнизона противопожарной службы города	11	23
Минаев В. А., Топольский Н. Г., Коробец Б. Н., Дао Ань Туан. Модели оптимального распределения кадровых ресурсов противопожарной службы на основе типологизации территорий по пожарным рискам	6	18
Тараканов Д. В., Баканов М. О., Колбашов М. А., Моисеев Ю. Н. Автоматизированная информационная система связи и управления пожарно-спасательными подразделениями	2-3	20
Топольский Н. Г., Крючков А. В., Грачев Д. С., Михайлов К. А. Определение состава программ в специальном программном обеспечении автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объектов	7-8	67
Топольский Н. Г., Крючков А. В., Михайлов К. А., Нгуен Туан Ань. Модель оценки влияния человека на устойчивость специального программного обеспечения автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности	7-8	53
Топольский Н. Г., Самарин И. В., Строгонов А. Ю. Методика оценки эффективности управления мероприятиями пожарной безопасности на объектах ТЭК в составе автоматизированной системы поддержки управления	12	19

Фамилии авторов и название статей	Номер журнала	Стр.
Топольский Н. Г., Самарин И. В., Строгонов А. Ю. Модель оценки обеспечения комплексной безопасности в АСУТП с применением диагностики пожарных извещателей для построения автоматизированной системы поддержки управления пожаровзрывобезопасностью	11	15
Топольский Н. Г., Тараканов Д. В., Баканов М. О. Многокритериальная модель мониторинга пожара в здании для управления пожарно-спасательными подразделениями	5	26
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА		
Елисеев Ю. Н., Сысоева Т. П., Скодтаев С. В., Парийская А. Ю., Рощина Я. В., Калач Е. В. Соединение автомобильных проводников методом ультразвуковой сварки. Пожарная опасность	10	38
Недобитков А. И. Особенности короткого замыкания в автомобильной электрической сети	5	34
Недобитков А. И. Признаки электродугового процесса при экспертном исследовании после пожара медной контактной пластины автомобильного блока предохранителей	11	30
БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ		
Быков А. И., Новак А. В. Методика построения моделей зон термического поражения при пожаре на магистральном газопроводе	11	41
Кожевин Д. Ф., Новиков В. Р., Поляков А. С., Клейменов А. В. Методика расчета пожарного риска на производственных объектах с жидкими моторными топливами с учетом применения порошковых огнетушителей	1	27
Матвеев А. В., Максимов А. В., Щербаков О. В., Смирнов А. С. Метод оценки достоверности количественного анализа риска на объектах нефтегазовой отрасли	1	35
Поландов Ю. Х., Корольченко А. Д. Способ расчета концентрации газа в негерметичной емкости в процессе ввода газа	4	33
Савчук О. Н., Крейтор В. П., Аксенов А. А. Пути совершенствования методики оценки риска химической опасности при перевозке АХОВ автомобильным транспортом	10	46
БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ОБЪЕКТОВ		
Евсеев Д. Г., Филиппов В. Н., Петров Г. И., Шебеко Ю. Н., Беспалько С. В. О необходимости формирования единой технической политики для обеспечения пожарной безопасности перевозки опасных грузов по железным дорогам России	9	26
Еремина Т. Ю., Фадеев В. Е. К оценке возможности внедрения экранных стен на объектах с массовым пребыванием людей	2-3	57
Комаров А. А., Корольченко Д. А., Фан Туан Ань. Особенности определения коэффициента динамичности при импульсных нагрузках	2-3	37
Костюченко Е. Г., Захматов В. Д. Определение предельных состояний пустотных преднапряженных железобетонных плит перекрытий при огневом воздействии под нагрузкой	2-3	67
Нестеренко А. Г., Шепелюк С. И., Зокоев В. А., Бабич Б. Совершенствование мероприятий по обеспечению безопасности при угрозе возникновения лесных пожаров.	10	56
Присадков В. И., Еремина Т. Ю., Богданов А. В., Сушкова О. В., Тихонова Н. В. Требуемый уровень пожарной безопасности музеев — объектов культурного наследия	4	42
Пронин Д. Г., Конин Д. В. Проблемы применения стальных и железобетонных несущих конструкций высотных зданий с точки зрения их огнестойкости	1	50
Прусаков В. А., Гравит М. В., Тимофеев Н. С., Симоненко Я. Б., Гуторов К. В., Шевченко А. М. К. С. Огнезащита деформационных и линейных швов зданий и сооружений	2-3	45

Фамилии авторов и название статей	Номер журнала	Стр.
Шебеко Ю. Н., Шебеко А. Ю., Гилетич А. Н. Методы определения требуемых пределов огнестойкости строительных конструкций производственных объектов	11	51
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ		
Зосимова О. С., Корольченко Д. А. Натурные наблюдения за скоростью свободного движения пациенток гинекологического отделения в Китае	12	27
Сенченко В. А., Каверзнева Т. Т., Румянцева Н. В., Скрипник И. Л., Леликов Г. Д. Внедрение стационарных анкерных устройств для безопасной эксплуатации на высоте опор воздушных линий связи и линий электропередач	1	58
Сёмин А. А., Фомин А. М., Холщевников В. В. Проблема организации безопасной эвакуации пациентов лечебных учреждений при пожаре	7-8	74
Хасуева З. С., Самошин Д. А. Параметры движения людских потоков, состоящих из беременных пациенток учреждений родовспоможения	6	52
СТАТИСТИКА И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ		
Раимбеков К. Ж., Кусаинов А. Б. Анализ пожаров в Республике Казахстан методами математической статистики	2-3	75
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА		
Вытовтов А. В., Калач А. В., Трофимец В. Я. Методика автоматизированного мониторинга линейных объектов нефтегазового комплекса с беспилотного воздушного судна	4	50
Григорьев И. В., Кутузов В. В., Безруков В. А., Корольков А. П., Османов Ш. А. Электроиндукционный метод контроля параметров аэродисперсной системы и раннего обнаружения термического разложения кабельной продукции и других материалов	12	37
Калач А. В., Калач Е. В., Вытовтов А. В. Использование беспилотных воздушных судов для обеспечения пожарной безопасности линейных объектов нефтегазовой отрасли	12	49
Степанов О. И., Денисов А. Н. Экспериментальное обоснование создания позиций по тушению с применением специальных пожарных автомобилей	11	58
ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЖАРНОЙ И КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ		
Ищенко А. Д., Ключ В. В., Польшко С. В., Таранцев А. А. О построении уточненного совмещенного графика для расчета сил и средств для тушения пожара	2-3	82
СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ		
Алешков М. В., Цариченко С. Г., Холостов А. Л., Гусев И. А. Обеспечение пожарной безопасности объектов энергетики путем разработки и применения мобильной робототехники пожаротушения	9	35
Ахмедов А. Б., Шимко В. Ю., Пузач С. В. Ослабление лучистого теплового потока противопожарной преградой “СОГДА”	4	58
Бакиров И. К., Челекова Е. Ю. Универсальный пожарный ствол	1	69
Захматов В. Д., Турсенев С. А., Мироньев А. В., Чернышов М. В., Озеров А. В., Дорожкин А. С. Анализ существующих и обоснование применения новой автоматической системы пожаровзрывозащиты судов, кораблей, нефтедобывающих платформ	9	50
Захматов В. Д., Турсенев С. А., Чернышов М. В., Адаев А. А., Бекасов А. В. Новые средства обеспечения эвакуации в общественных зданиях с массовым пребыванием людей	5	61

Фамилии авторов и название статей	Номер журнала	Стр.
Мельников А. И. Влияние межфазного натяжения на интенсивность подачи и удельный расход фторированного пенообразователя с добавками хлорида аммония	2-3	93
Усманов М. Х., Кулдашев А. Х., Музафаров У. Т., Екубов У. А., Кулдашев И. Х. Опыт применения теплозащитных экранов “СОГДА” на пожаровзрывоопасных объектах в Узбекистане	5	50
ДИСКУССИИ		
Бакиров И. К. О некоторых положениях статьи “Методика расчета пожарного риска на производственных объектах с жидкими моторными топливами с учетом применения порошковых огнетушителей”	9	64
Мешман Л. М. Мнение по статье Таранцева А. А., Сытдыкова М. Р., Пивоварова Н. Ю. “К вопросу об оценке живучести сетей наружного противопожарного водопровода”	10	74
Полегонько В. И., Кочетыгов В. А. Когда же Росаккредитация услышит специалистов в области пожарной безопасности?	4	67
Таранцев А. А., Сытдыков М. Р., Пивоваров Н. Ю. К вопросу об оценке живучести сетей наружного противопожарного водопровода	10	66
ВОПРОС – ОТВЕТ		
Мешман Л. М. Вычисление параметров диктующего оросителя водяных АУП.	12	56
Мешман Л. М. Требования по проектированию АУП и ВПВ применительно к дошкольным образовательным и общеобразовательным организациям	11	67
Харламенков А. С. Здания и помещения с массовым пребыванием людей	9	66
Харламенков А. С. Кабельная продукция из алюминиевых сплавов как альтернатива меди	6	70
Харламенков А. С. Категорирование помещений газовых котельных по взрывопожарной и пожарной опасности	11	70
Харламенков А. С. Надзор за обеспечением пожарной безопасности электроустановок	10	76
Харламенков А. С. Оценка вероятности возникновения пожара от электрооборудования для расчета пожарного риска	2-3	99
Харламенков А. С. Профилактика пожаров в зимний период	12	62
Харламенков А. С. Требования боевого устава подразделений пожарной охраны к участникам тушения пожара при наличии электроустановок под напряжением	4	70
Харламенков А. С. Требования пожарной безопасности к культовым сооружениям	7-8	89
Харламенков А. С. Требования пожарной безопасности к собственникам объектов защиты при смене категории и целевого назначения помещений	1	77

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

Продолжается
подписка
на журнал

2019

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 2019 г. (3 номера) — 5901 руб.
- Стоимость годовой подписки (6 номеров) — 10260 руб.

ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИЯ:

- Стоимость подписки на 1-е полугодие 2019 г. (3 номера) — 2460 руб.
- Стоимость годовой подписки (6 номеров) — 4680 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)

25-я Юбилейная международная выставка
технических средств охраны
и оборудования для обеспечения
безопасности и противопожарной защиты



securika
Moscow



Москва

**19–22
марта
2019**

ЦВК «Экспоцентр»

РЕКЛАМА



Видеонаблюдение



Контроль
доступа



Охрана
периметра



Противопожарная
защита



Сигнализация
и оповещение



Автоматизация
зданий



Организатор
Группа компаний ITE
+7 (499) 750-08-28
security@ite-expo.ru

Забронируйте стенд
securika-moscow.ru



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.