

2-2015

**ПОЖ** Издательство  
**НАУКА**

**ПОЖАРОВЗРЫВО-**

**БЕЗОПАСНОСТЬ**



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ISSN 0869-7493

ОБ АКТУАЛИЗИРОВАННОЙ  
ВЕРСИИ СВОДА ПРАВИЛ  
"ВНУТРЕННИЙ  
ПРОТИВОПОЖАРНЫЙ  
ВОДОПРОВОД"



**КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

пожарная • промышленная • производственная • экологическая



# ИНСТИТУТ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Московский государственный  
строительный университет

Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.21AM09 от 24.06.2014 г.



Научно-исследовательские и сертификационные испытания:

- ◆ строительных материалов;
- ◆ строительных конструкций;
- ◆ огнезащитных составов;
- ◆ кабельных изделий;
- ◆ пенообразователей;
- ◆ фасадных систем.

Контакты:

Тел.: (495) 662-69-70

e-mail: ikbs@mgsu.ru

[www.ikbs-mgsu.ru](http://www.ikbs-mgsu.ru)



# СОДЕРЖАНИЕ

# CONTENTS

## ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

## GENERAL QUESTIONS OF FIRE SAFETY

- МЕШМАН Л. М., БЫЛИНКИН В. А., ДИДЯЕВ А. Г.  
Об актуализированной версии свода правил  
“Внутренний противопожарный водопровод” 5
- МЕШАЛКИН Е. А., БУРБАХ В. А., ВАНТЯКШЕВ Н. Н.  
О применении методик расчетов по оценке  
пожарных рисков 23

- MESHMAN L. M., BYLINKIN V. A., DIDYAEV A. G.  
Updated version of the set of rules  
“Internal fire pipeline”
- MESHALKIN E. A., BURBAKH V. A., VANTYAKSHEV N. N.  
Usage of methods of calculation  
for estimation of fire risks

## ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА

## COMBUSTION AND EXPLOSION PROCESSES

- НИКИТИН И. С., БЕГИШЕВ И. Р., БЕЛИКОВ А. К.  
Флегматизация четыреххлористым углеродом смесей  
хлорметана и хлора при их фотовоспламенении 32

- NIKITIN I. S., BEGISHEV I. R., BELIKOV A. K.  
Phlegmatization of methyl chloride and chlorine gas  
mixtures by carbon tetrachloride in their photoignition

## ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

## FIRE-AND-EXPLOSION HAZARD OF SUBSTANCES AND MATERIALS

- АЛЕКСЕЕВ С. Г., КОШЕЛЕВ А. Ю., БАРБИН Н. М.  
Связь показателей пожарной опасности  
с химическим строением.  
XVIII. Алкильные производные аминметанола 36

- ALEXEEV S. G., KOSHELEV A. Yu., BARBIN N. M.  
Correlation of fire hazard characteristics  
with chemical structure.  
XVIII. Alkyl derivatives aminoethanol

## ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

## FIRE AUTOMATIC

- ГОРБАНЬ Ю. И., СИНЕЛЬНИКОВА Е. А.  
Пожарные роботы – новый глобальный продукт  
в системе пожарной безопасности 45

- GORBAN Yu. I., SINELNIKOVA Ye. A.  
Fire robots – new global product  
in system of fire safety

## СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

## MEANS AND WAYS OF FIRE EXTINGUISHING

- ЖДАНОВА А. О., КУЗНЕЦОВ Г. В.,  
СТРИЖАК П. А., ХАСАНОВ И. Р., ФЕДОТКИН Д. В.  
О возможности тушения лесных и торфяных пожаров  
полидисперсными водяными потоками 49

- ZHDANOVA A. O., KUZNETSOV G. V., STRIZHAK P. A.,  
KHASANOV I. R., FEDOTKIN D. V.  
About possibility of the forest and peat fires extinguishing  
by the polydisperse water flows

- КОРОЛЬЧЕНКО Д. А.,  
ДЕГАЕВ Е. Н., ШАРОВАРНИКОВ А. Ф.  
Горение гептана в модельном резервуаре 67

- KOROLCHENKO D. A.,  
DEGAEV E. N., SHAROVARNIKOV A. F.  
Combustion of heptane in a model tank

- ХИЛЬ Е. И., САУТИЕВ М. И.,  
ШАРОВАРНИКОВ А. Ф., БАСТРИКОВ Д. Л.  
Сравнительная огнетушащая эффективность  
углеводородных и фторсодержащих  
пенообразователей 71

- KHIL E. I., SAUTIEV M. I.,  
SHAROVARNIKOV A. F., BASTRIKOV D. L.  
Comparative extinguishing efficiency  
of hydrocarbon and fluorinated  
foaming agents

## ДИСКУССИИ

## DISCUSSION

- ПОЛЕГОНЬКО В. И., КОРОТКИХ В. Ф.,  
ЕМЕЛЯНОВ Р. А., ЯСКОЛКО М. Б.  
Критерии аккредитации 76

- POLEGONKO V. I., KOROTKIKH V. F.,  
EMELYANOV R. A., YASKOLKO M. B.  
Criteria of accreditation

## ВОПРОС – ОТВЕТ

## QUESTION – ANSWER

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

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

Журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК России для публикации трудов соискателей ученых степеней, в Реферативный журнал и базы данных ВИНТИ РАН, в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ). Сведения о журнале ежегодно публикуются в Международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям “Ulrich’s Periodicals Directory”.

Перепечатка материалов журнала “Пожаровзрывобезопасность” только по согласованию с редакцией. При цитировании ссылка обязательна. Авторы и рекламодатели несут ответственность за содержание представленных в редакцию материалов и публикацию их в открытой печати. Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов опубликованных материалов.



СП "Внутренний противопожарный водопровод"

**Председатель Редакционного совета:**

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

**Зам. председателя Редакционного совета:**

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

**Редакционный совет:**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Шилдс Т. Дж.**, профессор (Великобритания)

**Редакция:**

Главный редактор **Корольченко А. Я.**

Шеф-редактор **Соколова Н. Н.**

Редактор **Крылова Л. В.**

**Учредитель —**

**ООО "Издательство "ПОЖНАУКА"**

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

Адрес редакции: 121357, Россия, г. Москва,  
ул. Вересаева, д. 10.

Адрес для переписки: 121352, Россия, г. Москва, а/я 43.

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

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

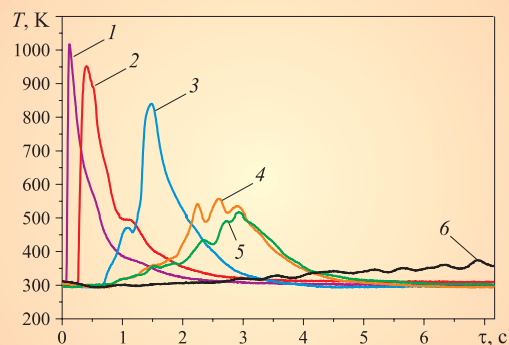
Подписано в печать 12.02.2015. Выход в свет 25.02.2015.

Формат 60x84 1/8. Тираж 2000 экз.

Бумага мелованная матовая. Печать офсетная.

Отпечатано в типографии ООО "КОДА"

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



Стр. 5

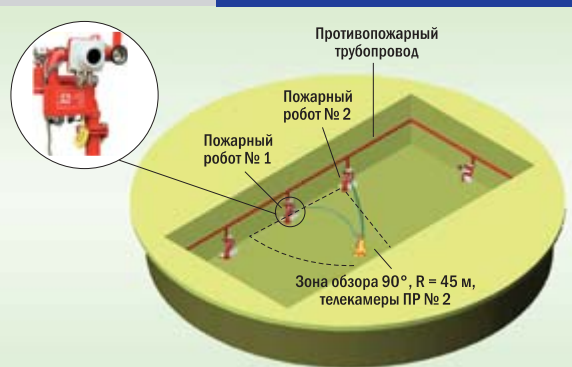
Стр. 32

Флегматизация смесей при их фотовоспламенении



Алкильные производные аминометанола

Стр. 36



Стр. 45

Новый глобальный продукт для пожарной безопасности

Стр. 49



Методы тушения лесных и торфяных пожаров



**Founder:**  
"POZHNAUKA" Publishing House, Ltd.

**Editorial Staff:**

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

Editorial director **Sokolova N. N.**

Editor **Krylova L. V.**

**Address of Editorial Staff:**

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

Post office box 43,  
Moscow, 121352, Russia.

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

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

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

"Pozharovzryvobezopasnost"  
("Fire and Explosion Safety") is included  
in List of periodical scientific and technical  
publication of the Russian Federation,  
what are recommended for publishing  
the main results of competitors for doctoral  
degree by VAK, in Abstracting Journal  
and VINITI Database RAS, is included  
in Russian Citation Index Database.  
Information about the journal is annually  
published in "Ulrich's Periodicals Directory".  
No part of this publication may be used  
or reproduced in any form or by any means  
without the prior permission of the Publishers.  
Reproducing any part of this material  
a reference to the journal is obligatory.  
Authors and advertisers account for contents  
of given papers and for publishing  
in the open press. Opinion of Editorial Staff  
not always coincides with Author's opinion

Signed for printing 12.02.2015  
Date of publication 25.02.2015  
Format is 60x84 1/8  
Printing is 2000 copies  
Chalk-overlay mat paper  
Offset printing

**Chairman of Editorial Board:**

**Korolchenko A. Ya.,**

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

**Deputy Chairman of Editorial Board:**

**Molkov V. V.,**

Doctor of Technical Sciences, Professor (Great Britain)

**Editorial Board:**

**Baratov A. N.,**

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

**Barbin N. M.,**

Doctor of Technical Sciences, Professor (Russia)

**Brushlinskiy N. N.,**

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

**Korolchenko D. A.,**

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

**Mishuev A. V.,**

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

**Puzach C. V.,**

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

**Roytman V. M.,**

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

**Serkov B. B.,**

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

**Tamrazyan A. G.,**

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

**Telichenko V. I.,**

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

**Topolskiy N. G.,**

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

**Kholshchevnikov V. V.,**

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

**Shebeko Yu. N.,**

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

**Shields T. J.,**

Professor (Great Britain)

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

**В. А. БЫЛИНКИН**, канд. техн. наук, начальник сектора, ФГУ ВНИИПО МЧС России (Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; e-mail: fire404@mail.ru)

**А. Г. ДИДЯЕВ**, старший научный сотрудник, ФГУ ВНИИПО МЧС России (Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; e-mail: fire404@mail.ru)

УДК 696.1

## ОБ АКТУАЛИЗИРОВАННОЙ ВЕРСИИ СВОДА ПРАВИЛ “ВНУТРЕННИЙ ПРОТИВОПОЖАРНЫЙ ВОДОПРОВОД”

Рассмотрены основные положения новой редакции СП 10.13130; описаны параметры пожарных кранов нового поколения (малорасходных пожарных кранов, в том числе тонкораспыленной воды), сухотрубов, пожарных лафетных стационарных стволов. Рекомендован алгоритм расчета расстояния между пожарными кранами. Предложена номенклатура обязательной эксплуатационной документации, разрабатываемой проектной организацией. Показано, что основным критерием гидравлического режима пожарного крана принято не давление у пожарного запорного клапана, а реактивная сила струи, диспергируемая из ручного пожарного ствола.

**Ключевые слова:** внутренний противопожарный водопровод; традиционный пожарный кран; малорасходный пожарный кран; пожарный кран тонкораспыленной воды; стационарный пожарный лафетный ствол; давление; расход; добровольная пожарная дружина; оперативное подразделение пожарной охраны.

### Введение

В настоящее время для противопожарной защиты зданий различного назначения (жилых, общественных, административных, производственно-складских и т. п.) широко используется внутренний противопожарный водопровод (ВПВ).

По сравнению с ВПВ, использовавшимися еще в XIX веке, в современных ВПВ совершенствование коснулось только конструкций традиционных технических средств (пожарных насосных агрегатов, запорных клапанов пожарных кранов, пожарных рукавов, ручных пожарных стволов, соединительных головок), а действующие способы и нормы по проектированию традиционных ВПВ для гражданских и промышленных объектов, технология использования пожарных кранов и их гидравлические характеристики по подаче воды из ствола остались практически неизменными. Такие нормы, закрепленные еще в СНиП 11-30-76 [1], последовательно переходили в СНиП 2.04.01-85\* [2], а затем и в СП 10.13130.2009 [3] (далее по тексту — СП [3]).

Утвержденные в свое время частные изменения № 1 и 2 СП [3] оказались недостаточными для совершенствования данного нормативного документа, приведения его в соответствие с современными требованиями проектирования. В действующем СП [3] в основном даны требования только к традиционному ВПВ, укомплектованному пожарными шкафами, пожарными запорными клапанами, пожарными

рукавами, ручными пожарными стволами и соединительными головками, выполненными соответственно по ГОСТ Р 51844-2009 [4], ГОСТ Р 53278-2009 [5], ГОСТ Р 51049-2008 [6], ГОСТ Р 53331-2009 [7] и ГОСТ Р 53279-2009 [8].

Чем не устраивал СП [3] пользователей? Может быть, тем, что вызывал у них множество вопросов?

А. Первая серия вопросов — *почему*:

- требования к различным видам зданий сформулированы без учета их функционального назначения (согласно ст. 32 Федерального закона № 123-ФЗ [9]);
- допустимое давление у пожарного крана (ПК) независимо от диаметра выходного отверстия ручного пожарного ствола ограничено 0,4 МПа;
- при расчете расхода воды на тушение пожара в производственных и складских зданиях не учитывается класс их конструктивной пожарной опасности;
- не сформулированы требования к основным гидравлическим параметрам технических средств ВПВ нового поколения — пожарных кранов как низкого, так и высокого давления, обеспечивающих тушение пожара компактными и распыленными струями, в том числе тонкораспыленной воды (ТРВ);
- не предусмотрены требования по проектированию ВПВ для обеспечения пожарной безопасности объектов различного назначения с исполь-



зованием сухотрубов и стационарных лафетных стволов (с ручным и дистанционным управлением);

- не определены условия применения ВПВ с неметаллическими трубами и требования по их проектированию;
  - отсутствует методика расчета гидравлической сети ВПВ и определения расстояния между ПК?
- Б. Вторая серия вопросов — *можно ли:*
- уточнить расходы воды на тушение пожара различных гражданских и промышленных объектов в зависимости от их функционального назначения (согласно ст. 32 [9]);
  - уточнить число пожарных стволов и минимальный расход воды на внутреннее пожаротушение в производственных и складских зданиях и тем самым сократить количество незаполненных ячеек в табл. 2 [3];
  - ввести классификацию ВПВ в зависимости от конструктивных особенностей его технических средств, назначения трубопроводов и т. д.;
  - сформулировать требования по проектированию пожарных резервуаров, системы автоматического управления и сигнализации?

В. Третья серия вопросов — *допускается ли:*

- применять ВПВ при отрицательных температурах;
- употреблять в ВПВ пенообразователь;
- использовать погружные насосные агрегаты?

Г. Четвертая серия вопросов — *кто должен:*

- принимать участие в тушении пожаров с использованием различных видов технических средств ВПВ — жители, обслуживающий персонал защищаемых объектов, сотрудники пожарной охраны или члены добровольной пожарной дружины (ДПД);
- разрабатывать основные эксплуатационные документы: руководство по эксплуатации, методику испытаний ВПВ (в том числе на водоотдачу), инструкцию о порядке включения насосной установки, регламент технического обслуживания и т. п.?

Причина отсутствия необходимой информации связана, в том числе, с отсутствием национальных стандартов в области “Технические требования. Методы испытаний” применительно как в целом к ВПВ, так и к его техническим средствам (малорасходным пожарным кранам (ПК-м), пожарным кранам тонкораспыленной воды (ПК-м-ТРВ), стационарным пожарным лафетным стволам (ПЛС-С), сухотрубам).

Практика использования СП [3] и анализ состояния отечественных и зарубежных нормативных документов на проектирование ВПВ показали необходимость кардинальной переработки действующей

версии СП [3] с целью приведения ее в соответствие с современным уровнем развития техники и, по возможности, гармонизации с зарубежными нормами проектирования ВПВ.

В процессе актуализации СП [3] проведен анализ эффективности и масштабов использования ВПВ, рассмотрены требования по его проектированию, регламентированные в отечественных стандартах, ведомственных нормативных документах и ряде специальных технических условий (СТУ), европейских и национальных стандартах (EN, NFPA) [10–14]. При переработке СП [3] в новой редакции СП 10.13130.2014 [15] использованы отдельные положения этих документов, которые полностью отсутствуют в действующей версии свода правил или имеют существенные отличия от его положений.

Из отечественных нормативных документов применительно к проектированию ВПВ наибольший интерес представляет СТО 02494733 5.2.01–2006 [16], в котором более полно по сравнению с СП [3] представлена таблица данных по расходу ВПВ для производственных и складских зданий.

В проекте новой редакции СП 10.13130.2014 [15] выполнена корректировка разделов в части:

- области применения;
- нормативных ссылок;
- терминов и определений;
- общих положений по проектированию традиционного ВПВ, оснащенного ПК, и норм расхода в зависимости от степени функционального назначения зданий, огнестойкости и категории зданий по пожарной опасности и класса конструктивной пожарной опасности;
- запорных устройств, насосных станций и насосных установок.

Переработка СП [3] направлена не столько на корректировку или ужесточение существующих требований по проектированию ВПВ, сколько на включение в него принципиально новых положений, касающихся:

- классификации ВПВ;
- конкретизации основных эксплуатационных документов и их разработчиков;
- применения и расширения номенклатуры технических средств ВПВ (насосных установок, пожарных резервуаров, пожарных шкафов, пожарных кранов, запорных устройств, пожарных рукавов, ручных пожарных стволов, сигнализаторов давления и потока жидкости, датчиков положения, систем автоматического управления и сигнализации и т. п.);
- использования эффективных технологий тушения пожаров (проектирование ВПВ на базе нового поколения малорасходных технических средств ВПВ как низкого, так и высокого давления, обес-

- печивающих тушение пожара компактными и распыленными струями, в том числе ТРВ);
- проектирования ВПВ, оснащенного ПЛС-С (с ручным и/или дистанционным управлением) и/или сухотрубом;
- применения неметаллических трубопроводов и гармонизации требований к этим трубопроводам с соответствующими требованиями СП 5.13130.2009 [17];
- проектирования воздушного и пенного ВПВ;
- вариантов конструктивного решения ВПВ;
- различных аспектов применения ВПВ в зданиях различного функционального назначения (жилых, общественных, производственных, складских и т. п.);
- взаимосвязи между гидравлическими параметрами пожарных кранов и функциональным назначением зданий и их конструктивной опасности;
- разграничения области применения ПК, ПК-м, ПК-м-ТРВ, сухотрубов и ПЛС-С, а также разделения групп лиц, имеющих право использовать при тушении пожаров те или иные технические средства ВПВ;
- уточнения расхода воды на тушение пожара различных гражданских и промышленных объектов в зависимости от их функционального назначения (согласно ст. 32 [9]);
- методики гидравлического расчета ВПВ и определения расстояния между всеми видами пожарных кранов;
- норм расхода в зависимости от степени огнестойкости зданий, категории зданий по пожарной опасности и класса конструктивной пожарной опасности.

На основании вышеизложенного в проект СП 10.13130.2014 [15] были введены дополнительно 16 новых разделов.

Уведомление о разработке и об окончании публичного обсуждения первой редакции проекта СП 10.13130.2014 [15] было опубликовано на официальном сайте Росстандарта соответственно 15.07.2013 г. и 01.10.2013 г. За этот период поступило множество замечаний и предложений от 18 организаций, которые носили в основном характер редакционных правок и отражали часто взаимоисключающие точки зрения. Структура окончательной редакции проекта СП 10.13130.2014 [15], направленной на утверждение в Департамента надзорной деятельности МЧС России, осталась неизменной.

Основные положения проекта новой редакции СП 10.13130.2014 [15] приведены ниже.

## 1. Классификация ВПВ

Классификация ВПВ в зависимости от конструктивных особенностей их технических средств,

включая различные виды трубопроводной разводки, в том числе трубопроводов различного назначения, достаточно полно изложена в учебно-методическом пособии [18]. Эта классификация практически в полном объеме представлена в новой редакции СП 10.13130.2014 [15]. Принятая классификация ВПВ соответствует обобщенной классификационной схеме, приведенной на рис. 1.

Определения к терминам, приведенным на обобщенной классификационной схеме, подробно представлены в СП 10.13130.2014 [15].

Согласно [15] ВПВ в зависимости от давления в трубопроводной сети подразделяются на ВПВ низкого (до 1,0 МПа включ.), среднего (не более 2,5 МПа) и высокого (более 2,5 МПа) давления.

## 2. Особенности проектирования традиционного ВПВ

На основании анализа многочисленных СТУ применительно к производственным и складским зданиям переработана табл. 8.2 СП [3], регламентирующая количество ПК и минимальный расход диктующего ПК для подобных зданий высотой до 50 м (включ.) и объемом до 800 тыс. м<sup>3</sup> (включ.). Таблица дополнена данными по классу конструктивной пожарной опасности в соответствии с [16] и имеет практически полные сведения по минимальному расходу (табл. 1).

Для проектировщиков неоднозначным являлся фрагмент текста из п. 4.1.12 СП [3], согласно которому “в жилых зданиях с коридорами длиной более 10 м, а также в производственных и общественных зданиях при расчетном числе струй две и более каждую точку помещения *следует орошать двумя струями* — по одной струе из двух соседних стояков (разных ПК)”. Если предположить, что произошел отказ одного из этих ПК или что возгорание возникло в зоне расположения одного из этих ПК, то воспользоваться им при тушении пожара не представляется возможным. Отсюда, по мнению проектировщиков, следует, что каждая точка помещения должна находиться в зоне действия не менее трех ПК (т. е. чтобы при невозможности использования одного из них подача воды на очаг пожара могла осуществляться от двух других ПК).

В новой редакции [15] это положение изложено более четко: “7.2.10 ... в помещениях зданий функциональной пожарной опасности Ф1.1–Ф1.3 и Ф2–Ф5 (в том числе с коридорами длиной свыше 10 м) и при расчетном количестве ПК или ПК-м два и более, *независимо от расчетного количества ПК или ПК-м*, каждая точка помещения или защищаемого оборудования *должна иметь возможность орошаться из двух ПК или двух ПК-м*, установленных по одному ПК или ПК-м на разных стояках или опусках”.



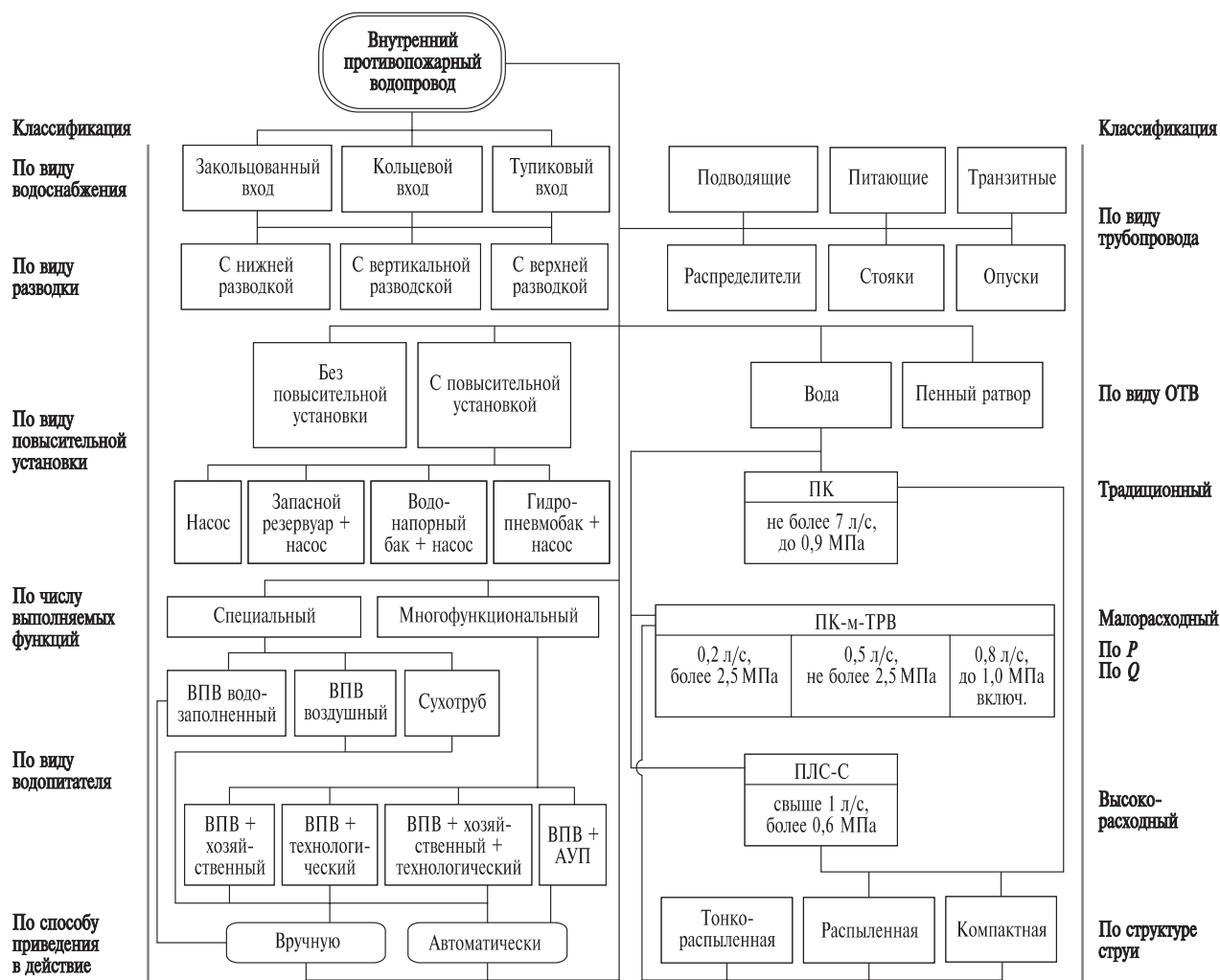


Рис. 1. Классификационная схема ВВП

Таблица 1. Количество ПК и минимальный расход диктующего ПК для производственных и складских зданий высотой до 50 м (включ.)

Степень огнестойкости зданий	Категория зданий по пожарной опасности	Класс конструктивной пожарной опасности	Количество ПК × минимальный расход диктующего ПК, л/с, для зданий объемом, тыс. м <sup>3</sup> (включ.)				
			от 0,5 до 5,0	от 5 до 50	от 50 до 200	от 200 до 400	от 400 до 800
I и II	A, B, B	<i>C0</i>	2×2,5	2×5	2×5	3×5	4×5
	<i>Г, Д</i>	<i>C0</i>	–	–	–	–	–
III	A, B, B	<i>C0</i>	2×2,5	2×5	2×5	3×5	4×5
	Г, Д	<i>C0, C1</i>	–	2×2,5	2×2,5	3×2,5	4×2,5
IV	A, B	<i>C0</i>	3×2,5	3×5	3×5	4×5	*
	B	<i>C0, C1</i>	2×2,5	2×5	3×5	4×5	*
	B	<i>C2, C3</i>	3×2,5	3×5	4×5	*	*
	Г, Д	<i>C0, C1</i>	–	2×2,5	3×2,5	2×5	3×5
	Г, Д	<i>C2, C3</i>	–	2×5	3×5	3×5	4×5
V	B	<i>Не норм.</i>	2×2,5	2×5	3×5	4×5	*
	Г, Д	Не норм.	–	3×2,5	3×5	3×5	4×5

Примечания:

1. Полу жирным курсивом выделены сведения, отличающиеся от табл. 8.2 СП [3].
2. Знак “–” означает, что ВВП не требуется.
3. Знак “\*” означает, что количество ПК и расход у диктующего ПК определяются с учетом архитектурно-планировочных решений объекта.

В данном случае фраза “*иметь возможность орошаться*” означает, что даже при невозможности использования одного из ПК тушение может осуществляться от смежного ПК. Данное положение относится также к ПК-м-ТРВ и ПЛС-С.

Технические средства пожарного автомобиля (пожарные рукава, автоцистерна, пожарный насос), которые обеспечивают подачу воды к выведенным наружу патрубкам ВПВ, совмещенным с хозяйственно-питьевым водопроводом (ХПВ), должны отвечать требованиям Федерального государственного санитарно-эпидемиологического надзора в части подачи воды в трубопроводную сеть ВПВ и ХПВ надлежащего качества. При подаче пожарным автомобилем воды непитьевого качества (например, из водоемов) необходимо исключить ее проникновение в водопроводную сеть ХПВ. В случае невозможности выполнения данного условия трубопроводные сети ВПВ и ХПВ должны быть раздельными.

В новой редакции СП 10.13130.2014 [15] сформулированы требования по проектированию пенных ПК. Согласно им пенные ПК могут быть использованы для противопожарной защиты производств, в которых применение пены в качестве огнетушащего вещества может быть предпочтительнее (например, автосервисы, мастерские с использованием горюче-смазочных материалов, площадки с маслобаками и т. п.).

Пенные ПК располагаются в пенных пожарных шкафах и по сравнению с водяными дополнительно оснащаются пенным пожарным стволом или пеногенератором, сосудом с пенообразователем, дозатором пены или пеносмесителем. Концентрация пенообразователя в растворе и кратность пены принимаются согласно технической документации завода-изготовителя данного вида продукции.

Дальность подачи пенной струи принимается равной не менее 5 м. Объем пенообразователя должен быть рассчитан на тушение пожара в начальной стадии его возникновения в течение не менее 10 мин при нормируемом расходе.

На каждом пенном пожарном шкафу должна быть нанесена дополнительная маркировка, включающая в себя следующие данные:

- на лицевой стороне дверки перед литерами “ПК” указывается назначение ПК: “Пенный ПК”;
- на внутренней стороне дверки указывается концентрация пенообразователя в растворе, кратность пены и дальность подачи пенной струи.

На основе заключений специалистов пожарной охраны скорректирована продолжительность работы ВПВ: вместо 3 ч рекомендовано принимать ее равной 1 ч, так как пожар, если он за это время не будет потушен, может вывести из строя ВПВ, к тому же ни жители, ни персонал объекта без защитных средств

в дыму и при воздействии мощных тепловых потоков работать не в состоянии. Кроме того, 1 ч вполне достаточно, чтобы на объект прибыли оперативные подразделения пожарной охраны (ОППО) и обеспечили тушение пожара из наружного противопожарного водопровода (НПВ).

### 3. Требования к ВПВ, оснащеному малорасходными ПК-м и ПК-м-ТРВ

В случае тушения загораний традиционным ВПВ основной ущерб часто причиняется не столько огнем, сколько пролитой водой. Кроме того, при использовании существующего ВПВ с диаметром пожарных запорных клапанов DN 50 и DN 65 возникают сложности по его использованию при тушении пожара одним человеком или неподготовленными людьми (жителями, женским персоналом гостиниц, больниц, торговых центров и т. п.) [18–21].

Поскольку жители или обслуживающий персонал могут приступить к ликвидации пожара только на его ранней стадии, то представляется целесообразным рассмотреть вопрос об уменьшении нормативного значения расхода воды на один пожарный кран путем использования, например, пожарных кранов с малым расходом, формирующих не только компактную, но и распыленную струю. Данное решение, наряду с сокращением расхода и, соответственно, нежелательным проливом воды, может оказаться во многих случаях менее затратным по сравнению с традиционным ВПВ.

В качестве нового поколения технических средств пожаротушения ВПВ предлагается использовать малорасходные ПК-м и ПК-м-ТРВ. Чем больше в них давление, тем выше дисперсность капельного потока и, следовательно, для тушения пожара требуется меньший расход огнетушащего вещества (ОТВ).

При максимальном рабочем давлении (до 1,0 МПа включ.) расход ПК-м низкого давления должен быть не менее 0,8 л/с, среднего давления (не более 2,5 МПа включ.) — не менее 0,5 л/с, высокого давления (более 2,5 МПа) — не менее 0,2 л/с [22–25].

Данные устройства состоят из ручного пожарного ствола (или пистолета) и накрученного на барабан полужесткого пожарного рукава. Ручной пожарный ствол должен быть перекрытым (желательно с автоматическим перекрытием подачи воды после прекращения использования этого устройства человеком, т. е. с автоматическим самовозвратом ствола в перекрытое состояние) и иметь возможность изменять форму струи от компактной до распыленной. Полужесткий рукав может быть размотан в любом направлении и на любую в пределах 30 м длину.

Внешний вид ПК-м, ПК-м-ТРВ и ПК-м-ТРВ высокого давления представлен на рис. 2.

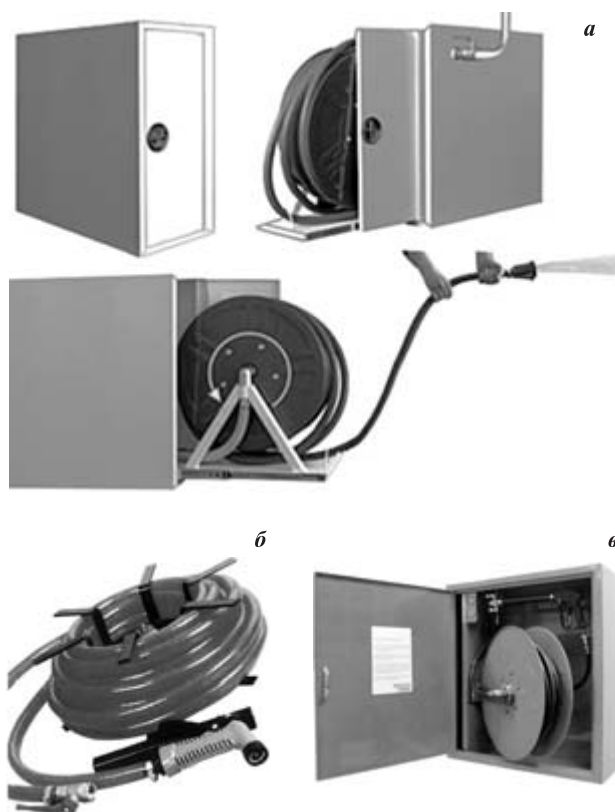


Рис. 2. Внешний вид барабанного ПК-м [22] (а), ПК-м-ТРВ [23] (б) и ПК-м-ТРВ высокого давления [24] (в)

Допускается монтировать ПК-м и ПК-м-ТРВ к подводящим или питающим трубопроводам АУП, а также к стоякам ХПВ (если его насосные установки соответствуют требованиям ВПВ).

Использование принципиально нового поколения ВПВ при пожарах на гражданских объектах позволит тушить пожар одному человеку независимо от его возраста, пола и степени подготовки (жители, персонал защищаемого объекта и т. п.).

#### 4. Особенности проектирования ПЛС-С

ПЛС-С предназначены для локализации и ликвидации пожаров, а также для охлаждения или защиты от перегрева технологических аппаратов и оборудования, строительных ферм и конструкций, покрытий или потолка силами ДПД до прибытия пожарных подразделений, а по прибытии на пожар ОППО — их сотрудниками.

ПЛС-С должны использоваться на объектах с большими строительными объемами, со значительными протяженностью и высотой помещений, которые недосягаемы для струй ручных пожарных стволов. К ним относятся машинные залы АЭС, тепловых и гидроэлектростанций, большепролетные цехи промпредприятий, ангары, эллинги, киноконцертные залы и т. п. Применение ПЛС-С на этих объектах не исключает использование ПК.

ПЛС-С могут быть снабжены устройством дистанционного управления радиальным движением ствола. Угловая скорость движения ствола при дистанционном управлении не должна превышать 9 град/с.

Для обеспечения безопасности оператора при пожаре, защиты его от воздействия тепловых потоков на ПЛС-С или непосредственно рядом с ним может быть предусмотрено устройство внешнего орошения (например, спринклерный ороситель с номинальной температурой срабатывания 57 °С или дренчерный ороситель с шаровым краном).

Над местами размещения ПЛС-С, установленных внутри помещений, имеющих сложную планировку и (или) насыщенных оборудованием, на видных местах строительных конструкций (колонн, ограждений и т. п.) должен быть нанесен на высоте 2–2,5 м от пола указательный знак по ГОСТ Р 12.4.026–2001 [26] (горизонтальная красная полоса шириной 200–400 мм, выполненная с использованием флуоресцентных или светоотражающих покрытий).

Каждая точка защищаемого помещения или оборудования должна быть доступна для орошения не менее чем из двух ПЛС-С. Расстояние между ПЛС-С не должно превышать 80 % максимальной дальности подачи огнетушащего вещества из ПЛС-С при минимальном рабочем давлении.

Количество одновременно задействованных стационарных пожарных лафетных стволов для локализации или ликвидации пожара, охлаждения ферм и технологических аппаратов принимается в зависимости от назначения зданий, их категории по пожарной опасности, степени огнестойкости, класса конструктивной опасности, геометрических размеров помещений и защищаемого оборудования, дальности подачи огнетушащего вещества ПЛС-С и должно быть не менее количества ПК, предусмотренного для соответствующих зданий.

Для орошения ферм покрытия длиной до 15 м (включ.), технологического оборудования и строительных конструкций площадью 90 м<sup>2</sup> (включ.) расход каждого ПЛС-С должен быть не менее 5 л/с, для орошения ферм покрытия длиной более 15 м и технологического оборудования площадью более 90 м<sup>2</sup> — не менее 10 л/с.

Давление у диктующего ПЛС-С должно обеспечивать доставку компактной или распыленной струи в защищаемую зону.

#### 5. Особенности проектирования сухотруба

Слабое звено в цепи эффективной ликвидации пожара при отсутствии в многоэтажных зданиях ПК — значительная продолжительность разворачивания



рукавной линии, поэтому оснащение зданий сухотрубом существенно сокращает время разворачивания и способствует более эффективной работе пожарных без существенных материальных затрат.

Несмотря на многолетнее использование сухотруба, до настоящего времени ни в одном из нормативных документов не сформулировано определение термина “сухотруб”. Многие специалисты под сухотрубом подразумевают не заполненные водой трубопроводы дренчерных АУП, спринклерных воздушных АУП и вертикальный трубопровод, одним концом выведенный на фасад здания с соединительной головкой для подключения пожарного автомобиля. Естественно, подобное однобокое толкование, относящееся к принципиально различным видам трубопроводных сетей, часто приводило к непредсказуемым последствиям.

Для устранения этого недостатка в новой редакции СП 10.13130.2014 (п. 3.53) [15] дано определение термину “сухотруб”. Сухотруб означает не заполненный в дежурном режиме водой вертикальный трубопровод ВПВ, находящийся под атмосферным давлением, с присоединенными к нему на каждом этаже или полуэтаже пожарными запорными клапанами, одним концом выведенный на фасад здания, с соединительной головкой для подключения внешнего источника водоснабжения (как правило, пожарного автомобиля). Для исключения несанкционированного доступа к выходному отверстию выведенного наружу патрубка сухотруба рекомендовано каждую соединительную головку снабдить головкой-заглушкой или защитить иным способом. При этом должен быть обеспечен беспрепятственный доступ к нему прибывших для тушения сотрудников подразделений пожарной охраны.

Места выведенных наружу здания патрубков должны быть оборудованы светоотражательными указателями и пиктограммами.

Рекомендовано для жилых зданий с сухотрубом высотой от 50 до 75 м (включ.) оснащать его на высоте от 36 до 75 м (включ.) на каждом этаже или полуэтаже пожарными кранами.

Сухотрубы не допускается устраивать в незадымляемых лестничных клетках. Если имеются сложности в монтаже сухотруба внутри здания, то стояки сухотруба могут проходить по балконам или лоджиям.

## 6. Варианты конструктивного оформления и использования ВПВ

Нормативные документы, в которых были бы прописаны указания для жителей по использованию ими ВПВ для тушения пожаров, отсутствуют. Обслуживающий персонал согласно п. 462ж Правил проти-

вопожарного режима в Российской Федерации [27] должен начать тушение пожара до прибытия подразделений пожарной охраны.

ВПВ является травмоопасным техническим устройством, и работать с ним могут только подготовленные лица. Действия обслуживающего персонала при пожаре должны регламентироваться соответствующими должностными инструкциями, однако ни с персоналом административно-бытовых зданий, зданий бытового и коммунального обслуживания, органов управления, учреждений, проектно-конструкторских организаций, информационных, редакционно-издательских организаций и научных организаций, банков, контор, офисов, гостиниц, больниц, поликлиник, физкультурно-оздоровительных спортивно-тренировочных комплексов, зданий образовательных учреждений, ни тем более с жителями никакого инструктажа по использованию ВПВ, как правило, не проводят и никаким приемам по тушению пожаров техническими средствами ВПВ их не обучают. Из-за опасных факторов пожара (ОФП), таких как тепловое воздействие, быстрое распространение дыма и угарного газа, затрудняющих дыхание людей, и резкое ухудшение видимости, участвующие в тушении пожара люди без специальной защитной экипировки могут использовать технические средства ВПВ только на начальной стадии загорания. Однако даже специально обученный персонал не всегда принимает решение использовать ВПВ для тушения пожара по причинам, подробно изложенным в [18–21]. Поэтому в зависимости от реальной обстановки при пожаре ВПВ часто оказывается неэффективным, а жители и персонал объекта его практически не используют.

Пожарные, не надеясь на исправное состояние ВПВ гражданских объектов, по приезду на пожар разворачивают собственные рукавные линии от пожарного автомобиля.

Во избежание вышеизложенных негативных вариантов развития событий используют новое поколение пожарных кранов (ПК-м или ПК-м-ТРВ), формирующих не только компактную, но и распыленную струю.

Поскольку жители или обслуживающий персонал могут вступить в борьбу с пожаром только на ранней стадии его развития, то нет необходимости (как это регламентировано СП [3]) в большом расходе на один ПК (2,5–5,0 л/с). Представляется целесообразным уменьшить нормативное значение расхода до 0,2–1,0 л/с на один пожарный кран.

Ни в одном из нормативных документов нет четких указаний по категории лиц (жителей, обслуживающего персонала защищаемых объектов, сотрудников пожарной охраны или членов ДПД), которые допускаются к участию в тушении пожаров с ис-

пользованием различных видов технических средств ВПВ, в том числе ПК, ПК-м, ПК-м-ТРВ, ПЛС-С и сухотрубов. В новой редакции СП 10.13130.2014 [15] в зависимости от конкретного назначения объекта предложено пять непротивоположных вариантов применения и конструктивного оформления ВПВ, способствующих его эффективному использованию как оперативными подразделениями пожарной охраны и членами ДПД, так и жителями или персоналом самого объекта. Варианты конструктивного решения ВПВ, категории лиц, которые могут привлекаться для тушения пожаров соответствующих объектов защиты, и характеристика последних приведены на рис. 3 и в табл. 2.

В новой редакции СП 10.13130.2014 [15] предусматривается следующее:

1) персонал объекта, который может привлекаться к тушению пожара, должен быть обучен необходимым приемам работы с ручным пожарным стволом и обеспечен индивидуальными средствами защиты от ОФП (форму обучения должна определять администрация объекта);

2) для использования на начальной стадии развития пожара ВПВ, состоящего в любой комбинации из ПК, ПК-м и ПЛС-С, на объекте рекомендуется сформировать ДПД, члены которой должны быть обеспечены индивидуальными средствами защиты от опасных факторов пожара и обучены необ-

**Таблица 2.** Варианты ВПВ, категории лиц, которые допускаются привлекать для тушения пожара, и характеристика объектов защиты

Вариант	Категории лиц, которые допускаются к тушению пожара	Характерные помещения, производства, технологические процессы
0	<b>А. Сухотруб:</b> 1) сотрудники ОППО	Жилые здания высотой от 36 до 50 м (включ.)
1	<b>А. Среднерасходный ВПВ (ПК):</b> 1) персонал объекта; 2) члены ДПД; 3) сотрудники ОППО	<p>Помещения деревообрабатывающего, текстильного, трикотажного, текстильно-галантерейного, табачного, обувного, кожевенного, мехового, целлюлозно-бумажного и печатного производств; цехов окрасочных, пропиточных, малярных, смесеприготовительных, обезжиривания, консервации и расконсервации, промывки деталей с применением ЛВЖ и ГЖ; производств ваты, искусственных и пленочных материалов; швейной промышленности; производств с применением резинотехнических изделий; предприятий по обслуживанию автомобилей; гаражи и стоянки.</p> <p>Помещения для производства резинотехнических изделий.</p> <p>Помещения для производства горючих натуральных и синтетических волокон, окрасочные и сушильные камеры, участки открытой окраски и сушки; краско-, лако-, клееприготовительные производства с применением ЛВЖ и ГЖ.</p> <p>Машинные залы компрессорных станций, станций регенерации, гидрирования, экстракции и помещения других производств, перерабатывающих горючие газы, бензин, спирты, эфиры и другие ЛВЖ и ГЖ.</p> <p>Склады несгораемых материалов в сгораемой упаковке.</p> <p>Склады трудносгораемых материалов.</p> <p>Склады твердых сгораемых материалов, в том числе резины, РТИ, каучука, смолы.</p> <p>Склады лаков, красок, ЛВЖ, ГЖ</p>
2	<b>А. Малорасходный ВПВ (ПК-м, ПК-м-ТРВ):</b> 1) проживающие в жилом секторе; 2) персонал объекта; 3) члены ДПД; 4) сотрудники ОППО. <b>Б. Сухотруб:</b> 1) сотрудники ОППО	<p>Жилые здания высотой от 36 до 50 м (включ.).</p> <p>Жилые здания высотой свыше 50 до 75 м (включ.) — при оснащении сухотруба на высоте от 36 до 75 м (включ.) на каждом этаже или полэтаже пожарными кранами, каждый из которых должен быть укомплектован пожарным запорным клапаном, пожарным рукавом и ручным пожарным стволом, соединенными между собой, причем каждый ПК должен размещаться в пожарном шкафу.</p> <p>Многофункциональные здания высотой до 50 м (включ.) с жилыми помещениями, помещениями книгохранилищ, библиотек, музеев, фондохранилищ, ЭВМ, магазинов, административных и коммерческих офисов, зданий гостиниц, амбулаторий, больниц и т. п.</p>

Вариант	Категории лиц, которые допускаются к тушению пожара	Характерные помещения, производства, технологические процессы
3	<p><b>А. Малорасходный ВПВ (ПК-м, ПК-м-ТРВ):</b></p> <p>1) проживающие в жилом секторе;</p> <p>2) персонал объекта;</p> <p>3) члены ДПД;</p> <p>4) сотрудники ОППО.</p> <p><b>Б Среднерасходный ВПВ (ПК):</b></p> <p>1) персонал объекта;</p> <p>2) члены ДПД;</p> <p>3) сотрудники ОППО.</p> <p>Примечание. Для протяженных (более 100 м) и большеобъемных (более 50 тыс. м<sup>3</sup>) зданий и помещений с массовым пребыванием людей (цирки, музеи, концертные, киноконцертные и выставочные залы, картинные галереи и т. п.) вместо среднерасходного ПК может использоваться высокорасходный ПЛС-С. К тушению пожара высокорасходным ПЛС-С допускаются только члены ДПД и сотрудники ОППО</p>	Здания и помещения с массовым пребыванием людей (цирки, музеи, концертные, киноконцертные и выставочные залы, картинные галереи и т. п.), многофункциональные здания с жилыми помещениями, помещениями книгохранилищ, библиотек, музеев, фондохранилищ, ЭВМ, магазинов, административных и коммерческих офисов, зданий гостиниц, амбулаторий, больниц и т. п.
4	<p><b>А. Среднерасходный ВПВ (ПК):</b></p> <p>1) персонал объекта;</p> <p>2) члены ДПД;</p> <p>3) сотрудники ОППО.</p> <p><b>Б. Высокорасходный ВПВ (ПЛС-С):</b></p> <p>1) члены ДПД;</p> <p>2) сотрудники ОППО</p>	Протяженные (длиной более 100 м) и/или высокие (с высотой потолка более 20 м) производственные и машинные залы, складские помещения, киноконцертные и выставочные залы, а также производственные и машинные залы, складские помещения, киноконцертные и выставочные залы




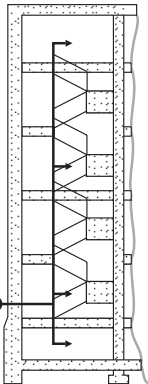
Традиционный ПК	Малорасходный ПК-м и ПК-м-ТРВ	Стационарный пожарный лафетный ствол	Сухотруб
			
ОППО и ДПД	Проживающие в жилом секторе, персонал объекта, ОППО и ДПД	ОППО и ДПД	ОППО

Рис. 3. Категории лиц, которые могут привлекаться к тушению пожаров техническими средствами ВПВ

ходимым приемам работы с ручным пожарным стволом (форму обучения должна определять администрация объекта);

3) действия членов ДПД должны регламентироваться соответствующими объектовыми инструкциями;

4) для протяженных и объемных зданий и помещений с массовым пребыванием людей (цирки, музеи, концертные, киноконцертные и выставочные

залы, картинные галереи и т. п.), а также для помещений высотой более 20 м в дополнение к ПК могут использоваться высокорасходные ПЛС-С. К тушению пожара ПЛС-С допускаются только члены ДПД и сотрудники ОППО.

Таким образом, четкое регламентирование и разграничение области применения технических средств ВПВ должно обеспечить их эффективное обслуживание и использование при ликвидации пожара.



## 7. Особенности проектирования трубопроводной сети ВПВ

Трубопроводная сеть ВПВ должна проектироваться таким образом, чтобы были обеспечены:

- заданные параметры по расходу и давлению;
- выполнение необходимых видов работ по контролю и испытанию трубопроводов;
- осмотр, промывка и продувка трубопроводов;
- защита трубопроводов от статического электричества и токов растекания.

В СП [3] отсутствуют сведения о возможности применения неметаллических труб и фитингов. В актуализированной версии СП 10.13130.2014 [15] сформулированы требования к металлическим и неметаллическим трубопроводам и фитингам ВПВ, во многом аналогичные требованиям к металлическим и неметаллическим трубопроводам АУП с учетом определенных специфических особенностей ВПВ.

Окраска металлических трубопроводов ВПВ должна соответствовать требованиям СП 5.13130.2009 [17], ГОСТ Р 12.4.026–2001 [26], ГОСТ 14202–69 [28]. Окраска неметаллических труб определяется технологией производства и должна содержать два опознавательных цвета: зеленый (вода) и красный (пожарный трубопровод).

В специальных и совмещенных ВПВ допускается применение неметаллических труб и фитингов, а также прокладок и уплотняющих герметизирующих материалов для них в том случае, если последние прошли соответствующие испытания, имеют сертификаты соответствия на прочность и пожаростойкость и рекомендованы к применению в установленном порядке.

В отличие от спринклерной распределительной сети АУП, трубопроводы которой в случае пожара защищены распыленными струями оросителей, стояки и опуски ВПВ, а также отводы от них находятся в более жестких условиях, так как в случае пожара непосредственно под пожарным шкафом трубы ВПВ оказываются под воздействием высокотемпературных продуктов сгорания. В связи с этим они должны быть дополнительно защищены пассивными или активными способами.

## 8. Пожарные резервуары

Под пожарным резервуаром подразумевается как собственно пожарный резервуар, так и пожарный бак, выполняющий функцию пожарного резервуара. Предъявляемые к пожарным резервуарам требования нашли отражение в новой редакции СП 10.13130.2014 [15].

Пожарные резервуары допускается проектировать из сборно-монолитного железобетона, стали, композитных материалов либо полимерных матери-

алов, обеспечивающих надлежащие эксплуатационные качества.

Пожарные резервуары, как правило, следует располагать под полом или потолком насосной станции, а также допускается размещать на специально выгороженной территории. При этом расстояние от самих пожарных резервуаров до насосной станции не регламентируется.

Сформулированы требования к пожарным резервуарам, предназначенным для ВПВ, совмещенным с АУП и/или наружным противопожарным водопроводом, к размерам прямоугольных и круглых пожарных железобетонных резервуаров, к наружному и внутреннему защитному покрытию, оборудованию необходимыми трубопроводами и т. п.

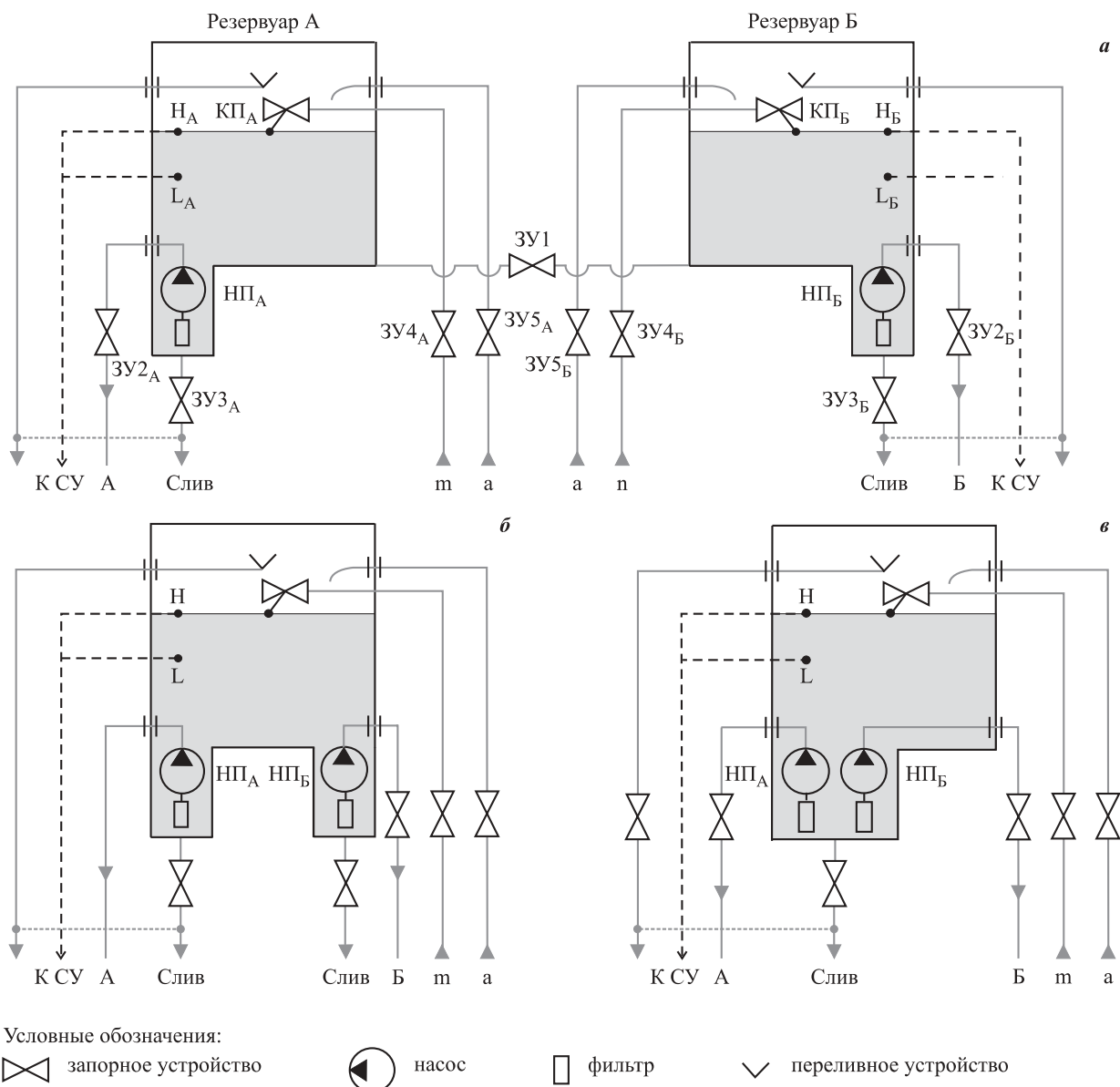
Сохранение неприкосновенного пожарного запаса воды в пожарном резервуаре в случае отбора воды насосами АУП, ХПВ или технологического водопровода может обеспечиваться:

- при выведении всасывающих труб насосов ХПВ или технологического водопровода на уровень неприкосновенного пожарного запаса;
- при наличии отверстия на изгибе всасывающих труб насосов ХПВ или технологического водопровода на уровне неприкосновенного противопожарного запаса;
- при автоматическом контроле неприкосновенного противопожарного запаса уровнемерами;
- иными автоматическими способами.

В специальном ВПВ или ВПВ, совмещенном с ХПВ, технологической водопроводной сетью либо с АУП или наружным противопожарным водопроводом, должно быть не менее двух пожарных резервуаров, в каждом из которых должно находиться не менее 50 % расчетного неприкосновенного объема воды. Допускается наличие одного резервуара, если расчетный объем воды не превышает 1000 м<sup>3</sup>.

В действующей версии СП [3] не был отражен вопрос о возможности использования погружных насосов, что вызывало множество вопросов со стороны проектных организаций. Согласно его новой редакции [15] в одном пожарном резервуаре могут располагаться два погружных пожарных насоса или по одному погружному пожарному насосу в каждом пожарном резервуаре одного назначения (причем при наличии нескольких пожарных резервуаров в одном из них пожарный насос будет являться основным, а в другом — резервным). Схемы вариантов пожарных резервуаров, оснащенных погружными пожарными насосами, приведены на рис. 4.

На рис. 4 приняты следующие обозначения:  
 ..... — возможный вариант соединения трубопроводов;  
 а — трубопровод для слива воды при проверке работоспособности НПВ, и/или ВПВ, и/или АУП;



**Рис. 4.** Схема противопожарного водоснабжения: *а* — ВПВ из двух пожарных резервуаров или ВПВ, совмещенный с АУП, и/или с ХПВ, и/или с НПВ, или с технологическим водопроводом; *б* — ВПВ или ВПВ, совмещенный с АУП, и/или с ХПВ, или с технологическим водопроводом из одного пожарного резервуара (при наличии приемка для каждого пожарного насоса); *в* — то же, при наличии общего приемка для всех пожарных насосов

т — трубопровод для заполнения и пополнения водой пожарного резервуара А;  
 п — трубопровод для заполнения и пополнения водой пожарного резервуара Б;  
 L — нижний уровень воды в пожарном резервуаре;  
 L<sub>А</sub> — нижний уровень воды в пожарном резервуаре А;  
 L<sub>Б</sub> — нижний уровень воды в пожарном резервуаре Б;  
 П1 — манометр;  
 П1С — контактный манометр (вместо контактного манометра допускается использовать манометр и сигнализатор давления);  
 А — напорный трубопровод пожарного насоса А;  
 Б — напорный трубопровод пожарного насоса Б;  
 ЗУ1 — запорное устройство, соединяющее оба пожарных резервуара;

ЗУ2<sub>А</sub>, ЗУ3<sub>А</sub>, ЗУ4<sub>А</sub>, ЗУ5<sub>А</sub>, ЗУ2<sub>Б</sub>, ЗУ3<sub>Б</sub>, ЗУ4<sub>Б</sub>, ЗУ5<sub>Б</sub> — запорные устройства, расположенные на трубопроводах пожарных резервуаров А и Б;  
 К СУ — к системе управления заполнением пожарных резервуаров водой;  
 КП<sub>А</sub> — поплавковый клапан пожарного резервуара А;  
 КП<sub>Б</sub> — поплавковый клапан пожарного резервуара Б;  
 Н — верхний уровень воды в пожарном резервуаре;  
 Н<sub>А</sub> — верхний уровень воды в пожарном резервуаре А;  
 Н<sub>Б</sub> — верхний уровень воды в пожарном резервуаре Б;  
 НП<sub>А</sub> — насос пожарный А;  
 НП<sub>Б</sub> — насос пожарный Б.  
 Трубопроводная обвязка резервуаров должна обеспечивать независимое заполнение и опорожнение каждого резервуара.

В пожарных резервуарах ВПВ, независимо от формы совмещения с другими видами водопроводов, следует предусматривать визуальный и автоматический контроль уровня воды и передачу соответствующих сигналов в насосную станцию и диспетчерский пункт или пожарный пост.

Если пожарный резервуар (пожарные резервуары) находится вне насосной станции, то в ней должны быть смонтированы запорные устройства, устанавливаемые на трубопроводах, наполняющих водой этот резервуар (резервуары), и уровнемер для контроля уровня огнетушащего вещества в резервуаре (резервуарах).

Приведены формулы для определения вместимости и неприкосновенного пожарного запаса воды пожарного резервуара ВПВ или ВПВ, совмещенного с другими видами водопроводов.

### 9. Методика гидравлического расчета ВПВ и определения расстояния между ПК, ПК-м и ПК-м-ТРВ

Следует отметить, что ни в СП [3], ни в предшествующих ему СНиП 11-30-76 [1] и СНиП 2.04.01-85\* [2], ни в других нормативных документах не приводится алгоритм гидравлического расчета ВПВ, а также правила определения расстояния между пожарными кранами. Анализ многочисленных проектов ВПВ свидетельствует о том, что расход определяется примитивно: например, для трех пожарных стволов с расходом не менее чем по 5 л/с (см. табл. 2 СП [3]) общий расход принимается 15 л/с, что в корне неверно, так как при этом не учитывается высота защищаемого помещения (чем больше высота, тем требуется большее давление ручного пожарного ствола, а следовательно, и увеличение расхода).

Первоначально предполагалось включить методику гидравлического расчета и определения расстояния между пожарными кранами в актуализированную версию СП 10.13130.2014 [15], но затем было принято решение не увеличивать объем перерабатываемого документа, а сослаться на пособие [18], в котором подробно рассмотрена эта проблема.

Расчетные формулы для определения расстояния между пожарными кранами, рекомендуемые в [29, 30], не учитывают реальную длину прокладки пожарного рукава и наличие преград, препятствующих его прямолинейному развертыванию.

Часто на практике привязку пожарных кранов применительно к защищаемому объекту осуществляют на этапе проектирования без учета наличия и размещения в протяженных помещениях различных выгородок. Например, при проектировании ВПВ для торговых, развлекательных центров и закрытых автостоянок расположение пожарных кранов предусматривают вдоль стен. В реальных условиях тор-

гово-развлекательные центры сдаются в аренду различным фирмам, вследствие чего общее помещение разбивается на многочисленные бутики и павильончики. Пожарные краны оказываются внутри выгороженного помещения, доступ в которое для посторонних лиц исключен. Аналогичное положение может сложиться на стоянках автомобилей, где каждое место выгораживается сетчатой перегородкой, доступ в которое посторонним лицам также исключен. И даже если допустить, что перегородки, отделяющие гаражные боксы, отсутствуют, то и в этом случае прямолинейная прокладка пожарного рукава невозможна из-за наличия преград в виде запаркованных автомобилей.

При коридорной системе размещения гостиничных номеров, кабинетов, офисов или жилых комнат общежитий расстояние между пожарными кранами должно быть таким, чтобы можно было ввести в каждое помещение пожарный ствол на 1–2 м для обеспечения возможности подачи воды в любую точку помещения. Расстояние между пожарными кранами в этом случае должно быть меньше, чем длина пожарного рукава.

Расстояние между пожарными кранами предлагается определять графоаналитическим методом [18, 31], в котором принимается во внимание не только высота компактной части струи, регламентируемая СП [3], и эффективная длина пожарного рукава, которая примерно на 2 м меньше соответствующей длины рукава, но и архитектурно-планировочное решение здания, расположение технологического оборудования и пожарной нагрузки.

### 10. Реактивная сила

Согласно [3] для обеспечения сохранности потребителей хозяйственно-питьевого водопровода давление у ПК ВПВ, совмещенного с ХПВ, не должно превышать 0,4 МПа. Для пожарных кранов ВПВ, не связанных с ХПВ или объединенных с водопроводом АУП, необходимо вводить ограничение, но не по давлению, а по реактивной силе струи  $R$  (Н), так как только ее величиной определяется возможность человека со средней физической подготовкой надежно удерживать в руках ручной пожарный ствол.

Ни в одном нормативном документе по проектированию ВПВ не указывается допустимое для человека со средней физической подготовкой значение реактивной силы струи, диспергируемой из ручного пожарного ствола:

$$R = 2FP, \text{ или } R = 1,57d^2P,$$

где  $F$  — площадь выходного отверстия пожарного ствола, мм<sup>2</sup>;

$P$  — давление на пожарном стволе, МПа;

$d$  — выходное отверстие ручного пожарного ствола, мм.



**Таблица 3.** Сравнительная оценка взаимосвязи между реактивной силой струи и гидравлическими параметрами ручного пожарного ствола

Параметр ствола	Значение параметра при R, Н					
	100			200		
Расход, л/с	3,6	4,45	5,28	5,1	6,3	7,47
Давление, МПа	0,376	0,25	0,176	0,754	0,5	0,352
Коэффициент производительности, л/(с·м <sup>0,5</sup> )	0,588	0,891	1,26	0,588	0,891	1,26
Диаметр выходного отверстия, мм	13	16	19	13	16	19
Площадь сечения выходного отверстия, мм <sup>2</sup>	132,96	200,96	283,38	132,67	200,96	283,38



**Рис. 5.** Демонстрация работы с малорасходным пожарным стволом высокого давления

Если исходить из условия, что СП [3] допускает применение ручных стволов с выходным диаметром 19 мм и расходом 7,5 л/с при давлении у ПК 0,4 МПа, то допустимое значение реактивной силы струи может быть принято равным 200 Н. Руководствуясь этим значением R, следует принимать следующие допустимые значения R: для членов ДПД или пожарных — 200–220 Н, для жителей и персонала объекта — 100–110 Н. При использовании жителями или персоналом объекта ПК-м с  $d = (3 \div 8)$  мм давление на стволе составит 0,64–7,10 МПа, ПК-м-ТРВ с  $d = (1 \div 3)$  мм — 7,10–63,7 МПа. Следует отметить, что такие высокие давления не вызывают трудностей при работе человека с пожарным стволом (рис. 5).

Сравнительная оценка взаимосвязи между реактивной силой струи, расходом, давлением у ПК, параметрами выходного отверстия ручного пожарного ствола и коэффициентом производительности при максимальной реактивной силе 100 и 200 Н приведена в табл. 3.

### 11. Эксплуатационные документы

Несмотря на значительные затраты материальных средств, связанные с проектированием, монтажом и эксплуатацией ВПВ, отмечается крайне ред-

**Таблица 4.** Наличие основных эксплуатационных документов на объектах, оснащенных ВПВ, на которых произошли пожары

Наличие эксплуатационных документов	Количество объектов	Доля в общем числе объектов, %
Полностью отсутствуют	44	50
РЭ	12	13,6
РЭ, МИ	5	5,7
РЭ, ИНУ	3	3,4
РЭ, Регламент ТО	2	2,3
3 документа из 5 (РЭ, РТО, МИ, ИНУ, Ж)	12	13,6
4 документа из 5 (РЭ, РТО, МИ, ИНУ, Ж)	7	8
РЭ, РТО, МИ, ИНУ, Ж	3	3,4

Примечание. РЭ — руководство по эксплуатации; МИ — методика испытаний на водоотдачу; ИНУ — инструкция о порядке включения насосной установки; РТО — регламент технического обслуживания; Ж — журнал регистрации работ по техническому обслуживанию и ремонту.

кое использование его на пожарах. Согласно сведениям, представленным испытательными пожарными лабораториями (ИПЛ) и обобщенным ВНИИПО, на объектах, оснащенных ВПВ, на которые выезжали сотрудники ИПЛ в течение контролируемого периода (1 год), произошло 88 пожаров. Из них в 84 % случаев на этих объектах ВПВ не использовался, а в 50 % случаев он оказался неисправным [18, 21].

Анализ причин неисправного состояния ВПВ показывает, что неэффективное использование ВПВ в основном связано с его неудовлетворительным техническим обслуживанием в процессе эксплуатации, которое в свою очередь определяется отсутствием на защищаемых объектах необходимой эксплуатационной документации (табл. 4).

Полное отсутствие в 50 % случаев основной эксплуатационной документации и, как следствие, практически неудовлетворительное техническое обслуживание ВПВ как раз и являются причинами его непригодности для использования на пожарах в 84 % случаях.

По сложившейся практике применительно к ВПВ отсутствие на большинстве защищаемых объектов эксплуатационной документации объясняется прежде всего кажущейся неопределенностью предполагаемых разработчиков этих документов, хотя в общем случае номенклатура эксплуатационных документов была установлена еще в ГОСТ 2.601–68 [32] (в настоящее время ГОСТ Р 2.601–2013 [33]), причем разработчиком эксплуатационных документов предполагается именно разработчик этого изделия или продукта. Следует отметить, что данное положение целиком относится и к АУП.

Виды и комплектность конструкторских документов на изделия всех отраслей промышленности были указаны еще в ГОСТ 2.102–68\* [34] (в настоящее время ГОСТ 2.102–2013 [35]). В частности, в п. 1.2 предусматривалась разработка эксплуатационных документов, предназначенных для использования при эксплуатации, обслуживании и ремонте изделия в процессе эксплуатации, а в п. 2.6 — разработка программы и методики испытаний (в редакции ГОСТ 2.102–2013, в п. 5.6 [35] в составе конструкторской документации должны быть предусмотрены программа и методика испытаний, а также эксплуатационные документы по ГОСТ 2.601–2013 [33]). Согласно п. 2.2.1 ГОСТ 12.4.009–83\* [36] “...к введению в эксплуатацию допускаются установки, на которые имеются инструкции по эксплуатации на установку в целом по ГОСТ 2.601–68” [32].

Однако до сих пор, как правило, разработка эксплуатационных документов перекладывается на объект защиты, да и то после приемки и с момента начала эксплуатации ВПВ, что совершенно недопустимо.

Поскольку СП [3] является нормативным документом по проектированию ВПВ, то представляется необходимым, чтобы именно в нем был указан основной перечень эксплуатационных документов, который должен разрабатываться проектной организацией. Эти сведения приведены в п. 7.1.1 новой редакции данного СП [15]: “Кроме проектной и рабочей документации на ВПВ, разрабатываемой по ГОСТ Р 21.1101, проектная организация должна подготовить к началу работы приемочной комиссии эксплуатационные документы по ГОСТ 2.601–2013: техническое описание ВПВ, руководство по эксплуатации, паспорт ВПВ, ведомость смонтированных технических средств, схему противопожарного водоснабжения и схему обвязки пожарных насосов (обе схемы должны находиться в насосной станции), ведомость эксплуатационных документов, методику приемочных испытаний, методику проверок и испытаний ВПВ в процессе технического обслужи-

вания, а также технические параметры работоспособности ВПВ, технический регламент, расчет численности и квалификацию обслуживающего персонала”.

Впервые в п. 7.1.2 СП [15] указано, что в эксплуатационной документации (техническом описании ВПВ, руководстве по эксплуатации ВПВ, методике испытаний) должны быть указаны гидравлические и электрические *реперные точки*, предназначенные для проверки режимов работы ВПВ в процессе пусконаладочных работ и технического обслуживания в период эксплуатации. Объем и периодичность всех видов проверок и испытаний ВПВ должны проводиться согласно методике испытаний [17, 37].

Таким образом, с введением СП 10.13130.2014 [15] в действие проектная организация, наряду с разработкой проектной и рабочей документации на ВПВ, должна обеспечивать объект защиты необходимой эксплуатационной документацией.

### Выводы

1. Введена классификация ВПВ в зависимости от конструктивных особенностей его технических средств, назначения трубопроводов и т. п.

2. Уточнены расходы воды традиционных ПК на тушение пожара в зависимости от функционального назначения здания.

3. Впервые сформулированы требования по проектированию ВПВ на базе нового поколения малорасходных технических средств ВПВ как низкого, так и высокого давления, обеспечивающих тушение пожара компактными и распыленными (в том числе тонкораспыленными) струями, на базе стационарных лафетных стволов (с ручным и дистанционным управлением) и сухотрубов; определена область их применения.

4. Уточнены некоторые положения по применению и расширению номенклатуры технических средств ВПВ (насосных установок, в том числе с погружными насосами, пожарных резервуаров, пожарных шкафов, пожарных кранов, запорных устройств, неметаллических труб, пожарных рукавов, ручных пожарных стволов, сигнализаторов давления и потока жидкости, сигнализаторов положения, затворов запорных клапанов, систем автоматического управления и сигнализации и т. п.).

5. Предложены методики расчета гидравлической сети ВПВ и определения расстояния между ПК.

6. Конкретизированы разработчики основных эксплуатационных документов (руководства по эксплуатации, методики испытаний ВПВ, инструкции о порядке включения насосной установки, регламента технического обслуживания и т. п.).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 11-30-76. Внутренний водопровод и канализация зданий : постановление Госстроя СССР от 19.08.76 № 137; введ. 01.07.77. — М. : Стройиздат, 1977.
2. СНиП 2.04.01-85\*. Внутренний водопровод и канализация зданий : постановление Госстроя СССР от 04.10.85 № 189; введ. 01.07.86. — М. : ЦИТП, 1986; ФГУП ЦПП, 2006.
3. СП 10.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности : приказ МЧС РФ от 25.03.2009 № 180; введ. 01.05.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
4. ГОСТ Р 51844-2009. Техника пожарная. Шкафы пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний. — Введ. 01.01.2010. — М. : Стандартинформ, 2009.
5. ГОСТ Р 53278-2009. Техника пожарная. Клапаны пожарные запорные. Общие технические требования. Методы испытаний. — Введ. 01.05.2009. — М. : Стандартинформ, 2009.
6. ГОСТ Р 51049-2008. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний. — Введ. 01.01.2010. — М. : Стандартинформ, 2009.
7. ГОСТ Р 53331-2009. Техника пожарная. Стволы пожарные ручные. Общие технические требования. Методы испытаний. — Введ. 01.05.2009. — М. : Стандартинформ, 2009.
8. ГОСТ Р 53279-2009. Техника пожарная. Головки соединительные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний. — Введ. 01.05.2009. — М. : Стандартинформ, 2009.
9. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008; одобр. Сов. Федерации 11.07.2008 (в ред. от 23.06.2014 № 160-ФЗ) // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.
10. EN 671-1:2012. Fixed firefighting systems — Hose systems — Part 1: Hose reels with semi-rigid hose. — Berlin : Deutsches Institut für Normung e. V., 2012.
11. EN 671-2:2012. Fixed firefighting systems — Hose systems — Part 2: Hose systems with lay-flat hose. — Berlin : Deutsches Institut für Normung e. V., 2012.
12. NFPA 14. Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems. — Quincy, MA : National Fire Protection Association, 2010.
13. NFPA 20. Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection. — Quincy, MA : National Fire Protection Association, 2010.
14. NFPA 22. Standard for Water Tanks for Private Fire Protection. — Quincy, MA : National Fire Protection Association, 2008.
15. СП 10.13130.2014. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Нормы и правила проектирования (проект).
16. СТО 02494733 5.2-01-2006. Внутренний водопровод и канализация зданий : приказ ФГУП “СантехНИИпроект” от 23.08.2006 № 14; введ. 20.09.2006. — М., 2006.
17. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования : приказ МЧС России от 25.03.2009 № 175; введ. 01.05.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
18. Мешман Л. М., Былинкин В. А., Губин Р. Ю., Романова Е. Ю. Внутренний противопожарный водопровод : учебно-методическое пособие. — М. : ВНИИПО, 2010. — 496 с.
19. Мешман Л. М., Цариченко С. Г., Былинкин В. А., Губин Р. Ю. Об эффективности внутреннего противопожарного водопровода в зданиях с массовым пребыванием людей // Алгоритм безопасности. — 2004. — № 6. — С. 68–72.
20. Былинкин В. А., Мешман Л. М., Губин Р. Ю. Внутренний противопожарный водопровод. Проблемы эффективного использования в зданиях с массовым пребыванием людей // Пожарная безопасность. — 2006. — № 3. — С. 57–70.
21. Мешман Л. М., Былинкин В. А., Губин Р. Ю., Романова Е. Ю. Состояние и перспективы развития внутреннего противопожарного водопровода // Пожарная безопасность. — 2009. — № 2. — С. 83–89.
22. Барабанные системы пожаротушения БСП “Престиж”, ЗАО “Пожтехника” (г. Витебск). URL : [http://www.fire.by/production/barabannye\\_sistemy\\_pozharotusheniya\\_prestizh](http://www.fire.by/production/barabannye_sistemy_pozharotusheniya_prestizh) (дата обращения: 03.11.2014).
23. Пожарный кран бытовой “ПК-Б1”, НПО “Ассоциация Крилак” (г. Москва). URL : <http://www.krilak.ru/catalog/4> (дата обращения: 03.11.2014).
24. ПК-м-ТРВ высокого давления (AQ-FC-80-80-01, Chuan Yen Corp. Co., Ltd). URL : <http://www.aq-teq.com/8080.html?CID=4> (дата обращения: 03.11.2014).



25. Fogtec Fire Protection. Applications — Wall Cabinets. Water Mist Fixed Systems. URL : [http://www.fogtec-nternational.com/en\\_water\\_mist/marine\\_systems/wall\\_cabinets](http://www.fogtec-nternational.com/en_water_mist/marine_systems/wall_cabinets) (дата обращения: 03.11.2014).
26. ГОСТ Р 12.4.026–2001\*. Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний. — Введ. 01.01.2003 г. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 2001.
27. Правила противопожарного режима в Российской Федерации : постановление Правительства Российской Федерации от 25.04.2012 № 390; введ. 03.05.2012 // Собрание законодательства РФ. — 07.05.2012. — № 19, ст. 2415.
28. ГОСТ 14202–69. Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки. — Введ. 01.01.71. — М. : Изд-во стандартов, 1987.
29. Гидравлика и противопожарное водоснабжение : учебник для слушателей и курсантов пожарно-технических образовательных учреждений МЧС России / Под ред. Ю. Г. Абросимова. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2005. — 392 с.
30. Иванов Е. Н. Противопожарное водоснабжение. — М. : Стройиздат, 1986. — 316 с.
31. Мешман Л. М., Былинкин В. А., Губин Р. Ю., Романова Е. Ю. Графоаналитический метод компоновки пожарных кранов // Пожарная безопасность. — 2009. — № 3. — С. 101–105.
32. ГОСТ 2.601–68. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы. — Введ. 01.01.71; дата ограничения срока действия 01.07.97 (заменен).
33. ГОСТ 2.601–2013. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы. — Введ. 01.06.2014. — М. : Стандартинформ, 2014.
34. ГОСТ 2.102–68. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов. — Введ. 01.01.71. — М. : Стандартинформ, 2007.
35. ГОСТ 2.102–2013. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов. — Введ. 01.06.2014. — М. : Стандартинформ, 2014.
36. ГОСТ 12.4.009–83\*. Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание. — Введ. 01.01.85. — М. : Изд-во стандартов, 1984.
37. Методика испытаний внутреннего противопожарного водопровода : письмо Управления Госпожнадзора МЧС России от 15.05.2007 № 19-2-1000. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2005.

*Материал поступил в редакцию 6 ноября 2014 г.*

English

## UPDATED VERSION OF THE SET OF RULES "INTERNAL FIRE PIPELINE"

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

**BYLINKIN V. A.**, Candidate of Technical Sciences, Head of Sector, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia (VNIPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation; e-mail address: fire404@mail.ru)

**DIDYAEV A. G.**, Senior Researcher, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia (VNIPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation; e-mail address: fire404@mail.ru)

### ABSTRACT

In comparing with internal fire pipeline (IFPL) used from the 19<sup>th</sup> century, only traditional hardware of IFPL was updated, but design regulations for traditional IFPL and technology of fire hydrant using were permanent.

In current set of rules 10.13130.2009 are mainly traditional IFPL requirements given but class of structural fire danger of different building types and their function are not considered.

In the project of the updated version there are considered main regulations of the new edition of set of rules 10.13130, fire hydrant parameters of a new generation (low-consumed fire hydrants,

including of water mist), dry pipes, fixed monitors are described, the algorithm for calculating the distance between fire hydrants is recommended; nomenclature of obligatory operational documentation, developed by planning organization, is proposed; the main accepted criterion for the hydraulic regime of fire hydrant is not pressure at the stop valve, but the reactive force of the jet, dispersed from the hand-held branch.

The new classification of IFPL is introduced according to structural features of its hardware, pipeline appliance etc.

Some regulations are specified for application and extension of hardware nomenclature of IFPL (pump installations including submersible pumps, fire tanks, pressure and flow indicator, location indicator, nonmetallic pipes, fire detection- and automatic control system etc.).

**Keywords:** internal fire pipeline; traditional fire hydrant; low-consumed fire hydrants; water mist fire hydrant; fixed monitor; pressure; consumption; volunteer fire subdivision; fire-fighting unit of first response.

## REFERENCES

1. *Construction norms and regulations 11-30–76. Domestic water supply and sewerage of buildings.* Moscow, Stroyizdat, 1977 (in Russian).
2. *Construction norms and regulations 2.04.01–85\*. Domestic water supply and sewerage of buildings.* Moscow, TsITP Publ., 1986; FGUP TsPP Publ., 2006 (in Russian).
3. *Set of rules 10.13130.2009. Fire protection system. Fire line inside. Fire safety requirements.* Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia, 2009 (in Russian).
4. *National standard of the Russian Federation 51844–2009. Fire equipment. Fire-fighting cabinets. General technical requirements. Test methods.* Moscow, Standartinform Publ., 2009 (in Russian).
5. *National standard of the Russian Federation 53278–2009. Fire equipment. Fire valves. General technical requirements. Test methods.* Moscow, Standartinform Publ., 2009 (in Russian).
6. *National standard of the Russian Federation 51049–2008. Fire equipment. Pressure fire hoses. General technical requirements. Test methods.* Moscow, Standartinform Publ., 2009 (in Russian).
7. *National standard of the Russian Federation 53331–2009. Fire-fighting equipment. Hand nozzles. General technical requirements. Methods of testing.* Moscow, Standartinform Publ., 2009 (in Russian).
8. *National standard of the Russian Federation 53279–2009. Fire equipment. Fire connecting heads. General technical requirements. Methods of testing.* Moscow, Standartinform Publ., 2009 (in Russian).
9. Technical regulations for fire safety requirements. Federal Law on 22.07.2008 No. 123. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 2008, no. 30 (part I), art. 3579 (in Russian).
10. *EN 671-1:2012. Fixed firefighting systems — Hose systems — Part 1: Hose reels with semi-rigid hose.* Berlin, Deutsches Institut für Normung e. V., 2012.
11. *EN 671-2:2012. Fixed firefighting systems — Hose systems — Part 2: Hose systems with lay-flat hose.* Berlin, Deutsches Institut für Normung e. V., 2012.
12. *NFPA 14. Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems.* Quincy, MA, National Fire Protection Association, 2010.
13. *NFPA 20. Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection.* Quincy, MA, National Fire Protection Association, 2010.
14. *NFPA 22. Standard for Water Tanks for Private Fire Protection.* Quincy, MA, National Fire Protection Association, 2008.
15. *Set of rules 10.13130.2014. Fire protection system. Fire line inside. Designing and regulations norms (project)* (in Russian).
16. *Standard of the organization 02494733 5.2-01-2006. Domestic water supply and sewerage of buildings.* Moscow, 2006 (in Russian).
17. *Set of rules 5.13130.2009. Systems of fire protection. Automatic fire-extinguishing and alarm systems. Designing and regulations rules.* Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia, 2009 (in Russian).
18. Meshman L. M., Bylinkin V. A., Gubin R. Yu., Romanova E. Yu. *Vnutrenniy protivopozharnyy vodoprovod: uchebno-metodicheskoye posobiye* [Fire line inside. Educational and methodical handbook]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia, 2010. 496 p.
19. Meshman L. M., Tsarichenko S. G., Bylinkin V. A., Gubin R. Yu. *Ob effektivnosti vnutrennego protivopozharnogo vodoprovoda v zdaniyakh s massovym prebyvaniyem lyudey* [About the effectiveness of internal fire protection water supply system in buildings with mass stay of people]. *Algorithm bezopasnosti — Security Algorithm*, 2004, no. 6, pp. 68–72.

20. Bylinkin V. A., Meshman L. M., Gubin R. Yu. Vnutrenniy protivopozharnyy vodoprovod. Problemy effektivnogo ispolzovaniya v zdaniyakh s massovym prebyvaniyem lyudey [Internal fire water pipe. Problems of effective use in buildings with a large number of people]. *Pozharnaya bezopasnost — Fire Safety*, 2006, no. 3, pp. 57–70.
21. Meshman L. M., Bylinkin V. A., Gubin R. Yu., Romanova E. Yu. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya vnutrennego protivopozharnogo vodoprovoda [State and prospects of development of an internal fire water pipe]. *Pozharnaya bezopasnost — Fire Safety*, 2009, no. 2, pp. 83–89.
22. *Drum fire extinguishing system “Prestige”, CJSC “Pozhtechnika” (Vitebsk)*. Available at: [http://www.fire.by/production/barabannye\\_sistemy\\_pozharotusheniya\\_prestizh](http://www.fire.by/production/barabannye_sistemy_pozharotusheniya_prestizh) (Accessed 3 November 2014).
23. *Fire household hoses “PC-B1”, NPO “KrilaK Association” (Moscow)*. Available at: <http://www.krilak.ru/catalog/4> (Accessed 3 November 2014).
24. *High pressure water mist fire hydrant cabinet (AQ-FC-80-80-01, Chuan Yen Corp. Co., Ltd)*. Available at: <http://www.aqteq.com/8080.html?CID=4> (Accessed 3 November 2014).
25. *Fogtec Fire Protection. Applications — Wall Cabinets. Water Mist Fixed Systems*. Available at: [http://www.fogtec-international.com/en\\_water\\_mist/marine\\_systems/wall\\_cabinets](http://www.fogtec-international.com/en_water_mist/marine_systems/wall_cabinets) (Accessed 3 November 2014).
26. *State standard of the Russian Federation 12.4.026–2001\*. Occupational safety standards system. Safety colours, safety signs and signal marking. Purpose and rules of application. General technical requirements and characteristics. Methods of tests*. Moscow, IPK Izdatelstvo standartov, 2001 (in Russian).
27. Rules of the fire regime in the Russian Federation. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 07.05.2012, no. 19, art. 2415 (in Russian).
28. *Interstate standard 14202–69. Pipelines of industrial plants. Identification colouring, safety signs and marking screens*. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1987 (in Russian).
29. Abrosimov Yu. G. (ed.). *Gidravlika i protivopozharnoye vodosnabzheniye* [Hydraulics and fire-water supply]. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2005. 392 p.
30. Ivanov E. N. *Protivopozharnoye vodosnabzheniye* [Fire-water supply]. Moscow, Stroyizdat, 1986. 316 p.
31. Meshman L. M., Bylinkin V. A., Gubin R. Yu., Romanova E. Yu. Grafoanaliticheskiy metod kompozitsionki pozharnykh kranov [Graf analytical method for fire hydrants arrangement]. *Pozharnaya bezopasnost — Fire Safety*, 2009, no. 3, pp. 101–105.
32. *Interstate standard 2.601–68. Unified system for design documentation. Exploitative documents* (in Russian).
33. *Interstate standard 2.601–2013. Unified system for design documentation. Exploitative documents*. Moscow, Standartinform Publ., 2014 (in Russian).
34. *Interstate standard 2.102–68. Unified system for design documentation. Types and sets of design documentations*. Moscow, Standartinform Publ., 2007 (in Russian).
35. *Interstate standard 2.102–2013. Unified system for design documentation. Types and sets of design documentations*. Moscow, Standartinform Publ., 2014 (in Russian).
36. *State standard 12.4.009–83\*. Occupational safety standards system. Fire-fighting equipment for protection of units. Basic types. Location and maintenance*. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1984 (in Russian).
37. *Test method internal fire line*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia, 2005 (in Russian).

**Е. А. МЕШАЛКИН**, д-р техн. наук, профессор, академик НАНПБ, вице-президент по науке НПО “Пульс” (Россия, 107014, г. Москва, ул. Русаковская, 28, стр. 1А; e-mail: meshalkin@npropuls.ru)

**В. А. БУРБАХ**, руководитель проектов НПО “Пульс” (Россия, 107014, г. Москва, ул. Русаковская, 28, стр. 1А; e-mail: ntk-npo@mail.ru)

**Н. Н. ВАНТЯКШЕВ**, руководитель проектов НПО “Пульс” (Россия, 107014, г. Москва, ул. Русаковская, 28, стр. 1А; e-mail: vantyakshev@yandex.ru)

УДК 614.849

## О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДИК РАСЧЕТОВ ПО ОЦЕНКЕ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ

Рассмотрена практика применения методик расчетов по оценке пожарных рисков для объектов различных классов функциональной пожарной опасности. Сформулированы конкретные предложения по их совершенствованию, направленные на выбор эффективных проектных решений (градостроительных, конструктивных, объемно-планировочных, сетей и систем инженерно-технического обеспечения, организационно-технических), позволяющих повысить уровень пожарной безопасности объекта защиты, оптимизировать затраты, а также минимизировать число замечаний при проведении экспертизы проектной документации.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность; подтверждение соответствия; сценарий пожара; пожарный риск; пожарная нагрузка; опасные факторы пожара; безопасная зона; эвакуация людей при пожаре; средства спасения; средства самоспасания; установки пожаротушения.

Практическая реализация результатов оценки пожарных рисков сдерживается имеющимися противоречиями требований ч. 1 и 3 ст. 6 Федерального закона (далее — ФЗ) № 123 [1], ч. 2 ст. 5 и ч. 6 ст. 15 ФЗ № 384 [2] в части подтверждения соответствия здания, сооружения требованиям безопасности, в частности пожарной (один из 13 видов безопасности согласно ст. 7 ФЗ № 184 [3]). Кроме того, доказательная база по соблюдению условия 1 ч. 1 ст. 6 ФЗ № 123 [1], согласно которой по результатам расчетов пожарных рисков пожарная безопасность (далее — ПБ) объекта защиты считается обеспеченной, относится к защите жизни и здоровья людей, но не затрагивает проблему обеспечения защиты имущества в соответствии с требованиями ст. 6 ФЗ № 184 [3]. Такая ситуация также не гармонизирована с положениями ст. 20.4 КоАП [4], согласно которым к административному правонарушению отнесены любые несоблюдения требований пожарной безопасности независимо от подтверждения соответствия объекта защиты этим требованиям расчетами по оценке рисков. Вместе с тем согласно п. 48.1 приказа МЧС России № 375 [5] результаты расчетов по оценке пожарных рисков могут приниматься во внимание, чтобы считались исполненными противопожарные мероприятия, содержащиеся в предписании по устранению нарушений на объекте защиты. Следует учитывать и то, что существующая система учета пожаров и их последствий согласно [6] свидетельствует о срабатывании (выполнении своих задач) технических систем и средств противопожарной защиты

(ППЗ), т. е. автоматической пожарной сигнализации (АПС), установок пожаротушения (УПТ), в том числе автоматических (АУП), противодымной защиты (ПДЗ), на уровне 60–70 % (для систем оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) — около 85 %). В результате отказа АПС, АУП, ПДЗ, СОУЭ, отсутствия освещения, несоответствия путей эвакуации и т. п. гибель составляет менее 50 чел. в год, т. е. 0,005 %(!), а за 2009–2014 гг. при отказах АУП, ПДЗ зафиксировано только 2 случая гибели, тогда как в результате паники в 2012 г. погибло 60 чел., в 2013 г. — 78 чел.! В целом же более 90 % погибших при пожарах приходится на жилой сектор, около 10 тыс. чел. погибает в зданиях высотой до 5 этажей, для которых системы ППЗ практически не требуются и в целом расчеты пожарных рисков согласно Методике [7] не проводятся.

Рассмотрим некоторые проблемы, исходя из практики применения расчетов по оценке пожарных рисков по Методике [7]:

1. В п. 4 записано, что “результаты и выводы, полученные при определении пожарного риска, используются для обоснования параметров и характеристик зданий, сооружений, которые учитываются в Методике”. Нормативными требованиями по ПБ установлены параметры зданий только по высоте и площади пожарного отсека, хотя согласно ФЗ № 384 [2] характеристика зданий и сооружений — “это количественные и качественные показатели свойств строительных конструкций, основания, материалов, элементов сетей инженерно-технического обеспе-



чения и систем инженерно-технического обеспечения, посредством соблюдения которых обеспечивается соответствие здания или сооружения требованиям безопасности”. Отсюда можно сделать вывод, что согласно п. 4 Методики [7] нельзя обосновывать протяженность путей эвакуации, ширину эвакуационных путей и выходов, ширину лестничных маршей и т. д., за исключением высоты и площади пожарных отсеков, свойств строительных конструкций и материалов, элементов сетей и систем инженерно-технического обеспечения. Однако свойства строительных конструкций и материалов, особенно сэндвич-панелей с применением полимерных утеплителей, при моделировании опасных факторов пожара (ОФП) не учитываются, т. е. Методикой [7] не определены способы ее применения! Исходя из вышеизложенного следует конкретизировать п. 4 Методики [7] в части использования названных данных при расчетах пожарного риска.

2. В п. 8 расчетная величина индивидуального пожарного риска  $Q_{vi}$  для  $i$ -го сценария пожара рассчитывается по формуле

$$Q_{vi} = Q_{ni} (1 - K_{ani}) P_{pri} (1 - P_{zi}) (1 - K_{пzi}),$$

где  $Q_{ni}$  — частота возникновения пожара в здании в течение года; определяется на основании статистических данных, приведенных в приложении 1 к Методике [7];

$K_{ani}$  — коэффициент, учитывающий соответствие АУП требованиям нормативных документов (НД) по пожарной безопасности;

$P_{pri}$  — вероятность присутствия людей в здании;

$P_{zi}$  — вероятность эвакуации людей;

$K_{пzi}$  — коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Однако данные по пожарам, на основании которых определяется частота возникновения пожаров  $Q_n$ , не всегда имеются. При отсутствии такой информации допускается принимать  $Q_n = 4 \cdot 10^{-2}$  для каждого здания, что требует доказательной базы, так как следует учитывать реальные данные (к примеру, из сборника [6]). Кроме того, для более объективного определения частоты возникновения пожаров  $Q_n$  можно использовать формулу, приведенную в приложении 1 ГОСТ 12.1.004–91\* [8]:

$$Q_n = \frac{n}{T} + \frac{M_{ж}}{N_0},$$

где  $n$  — коэффициент, учитывающий число пострадавших при пожаре людей;

$T$  — рассматриваемый период эксплуатации зданий (сооружений), год;

$M_{ж}$  — число жертв пожара в рассматриваемый период в группе зданий (сооружений), чел.;

$N_0$  — общее число людей, находящихся в здании (сооружении), чел.

3. В п. 8 вероятность присутствия людей в здании  $P_{pri}$  определяется из соотношения

$$P_{pri} = t_{функцi} / 24,$$

где  $t_{функцi}$  — время нахождения людей в здании, ч.

Вместе с тем не установлен порядок определения конкретного времени нахождения людей в здании. Например, для подземной автостоянки общественного или жилого здания можно ориентировочно установить, что время нахождения водителя с момента въезда на стоянку и выхода из нее не превышает 15–20 мин и тогда получаем вероятность 0,013. Тогда непонятно, как быть с теми лицами, которые работают на стоянке круглосуточно (дежурный персонал) и число которых не превышает, как правило, 3–5 чел. В этом случае вместо установленной выше вероятности присутствия людей 0,013 автоматически получаем значение, равное 1. К объектам подобного типа можно отнести здания банков, магазинов, школ, гостиниц и т. п. Для них значения пожарного риска никогда не будут соответствовать требованиям ст. 78 ФЗ № 123 [1], что подтверждается исследованиями [9]. Исходя из вышеизложенного, следует внести в Методику [7] дифференцированные критерии по определению вероятности присутствия людей на объектах, для которых характерен круглосуточный режим работы.

4. Согласно требованиям п. 4.4.7 СП 1.13130.2009 [10] лестничные клетки, за исключением типа Л2 и лестничных клеток подвалов, должны иметь световые проемы площадью не менее 1,2 м<sup>2</sup> в наружных стенах на каждом этаже. В соответствии с п. 4.4.12 для зданий высотой более 28 м допускается предусматривать в зданиях класса Ф1.3 коридорного типа не более 50 % лестничных клеток типа Н2; в зданиях классов Ф1.1, Ф1.2, Ф2, Ф3 и Ф4 — не более 50 % лестничных клеток типа Н2 или Н3 с подпором воздуха при пожаре. При применении этих требований СП [10] Методика [7] не позволяет обосновать отсутствие световых проемов, а также лестничных клеток типа Н1 и Л1, так как не выполняются требования п. 4 Методики [7], что часто приводит к необходимости разработки специальных технических условий (СТУ). При этом из монографии [9] и статистики [6] следует, что подавляющее число погибших (до 6–7 тыс. чел.) при пожарах приходится на период с 22 до 8 ч, т. е. на ночное время, когда естественное освещение лестниц через проемы площадью 1,2 м<sup>2</sup> отсутствует. Кроме того, нет данных по эвакуации людей с этажей зданий в темное время суток; не приведены параметры эвакуации людей

через балконы (лоджи) лестничных клеток типа Н1 в зимний период и темное время суток. Необходимо уточнить также п. 4 Методики [7] в части особенностей расчета таких ситуаций.

5. С учетом требований ч. 1 ст. 6 ФЗ № 123 [1] и того, что Методика [7] не распространяется на здания и сооружения классов функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4, подтверждением соответствия таких объектов является условие 2 ч. 1 ст. 6 ФЗ № 123 [1]. Иначе говоря, для них необходимо выполнять все требования, установленные техническими регламентами и нормативными документами (НД) по пожарной безопасности, что не всегда возможно в практике проектирования и строительства, особенно для дошкольных образовательных учреждений, в связи с различием требований СП 1.13130 [10], СП 2.13130 [11], СП 4.13130 [12] и требований СП 118.13330 [13], СП 145.13330 [14], СП 150.13330 [15], созданием малокомплектных дошкольных образовательных учреждений (ДОО) семейного типа, часто располагаемых в жилых зданиях, а также проектированием поликлиник смешанного типа — для детей и взрослых.

С учетом того что Методика [7] не распространяется на здания классов Ф1.1 и Ф1.3, остается неопределенной реализация требований ч. 4 ст. 53 ФЗ № 123 [1] в отношении методов определения необходимого и расчетного времени, а также условий беспрепятственной и своевременной эвакуации людей, которые должны определяться НД по пожарной безопасности. Между тем, согласно требованиям ст. 13 ФЗ № 184 [3] к документам в области стандартизации относятся национальные стандарты и своды правил, в которых методы для реализации требований ст. 53 [1] отсутствуют. В Методике [7] также отсутствует термин “метод”, а используется понятие “модель определения времени блокирования и времени эвакуации”. При экспертизе проектной документации, осуществлении контроля (надзора) возникают многочисленные вопросы относительно того, по каким утвержденным методам следует обосновывать безопасную эвакуацию людей. Методика, приведенная в приложении 2 ГОСТ 12.1.004–91\* [8], также неприменима, так как данный документ не вошел в перечни по реализации ФЗ № 384 [2] и ФЗ № 123 [1]. Отсюда следует, что целесообразно разработать и принять отдельный свод правил “Эвакуация людей при пожаре. Расчетное и необходимое время эвакуации. Методы определения”.

Приведем пример. Здание ДОО — двухэтажное, с тремя групповыми ячейками на этаже, с лестничными клетками типа Л1, с одним лифтом в соответствии с технологией, используемым в том числе для спасения маломобильных групп населения (МГН). В соответствии с ч. 15 ст. 89 ФЗ № 123 [1] “для эва-

куации со всех этажей зданий групп населения с ограниченными возможностями передвижения допускается предусматривать на этажах *вблизи* лифтов, предназначенных для групп населения с ограниченными возможностями передвижения, и (или) на лестничных клетках устройство безопасных зон (БЗ), в которых они могут находиться до прибытия спасательных подразделений. При этом к указанным лифтам предъявляются такие же требования, как к лифтам для транспортировки подразделений пожарной охраны. Такие лифты могут использоваться для спасения групп населения с ограниченными возможностями передвижения во время пожара”. В связи с тем что расстояние от наиболее удаленного помещения, находящегося в тупиковой части коридора, до лифтового холла (где и предусматривается БЗ) составляет всегда более 10 м, возникает проблема, как выходить из такой ситуации: либо предусматривать второй лифт в соответствии с ГОСТом, либо незадымляемую лестничную клетку типа Н2 (с подпором воздуха при пожаре). Поскольку конкретное расстояние в формулировке “вблизи лифтов или лестничных клеток” в ФЗ № 123 [1] не указано, органы экспертизы ориентируются на расстояния для тупиковой части коридора, приведенные в СП 1.13130 [10]. По умолчанию в двухэтажных зданиях ДОО согласно нормам проектируются обычные лестничные клетки типа Л1. Однако учитывая, что расстояние до БЗ не соблюдается (более 10 м), а по Методике [7] его нельзя обосновать, проектировщики вынуждены предусматривать в двухэтажных зданиях незадымляемые лестничные клетки типа Н2 или Н3! В результате существенно возрастают затраты, как правило, бюджетных средств, возникают препятствия (зачастую не обоснованные) для эвакуации детей через лестничные клетки с подпором воздуха не менее 20 и не более 150 Па, что не позволяет обеспечить реализацию требований ч. 2 ст. 81 ФЗ № 123 [1].

Другой пример. Началось проектирование и строительство поликлиник для совместного обслуживания детей и взрослых (ФЗ.4). Тогда получается, что в соответствии с Методикой [7] поликлиники с детьми обосновывать расчетом пожарного риска допускается, а ДОО (Ф1.1) — нет?!. Для того чтобы избежать всех этих несоответствий и неизбежных вопросов, возникающих при проектировании подобных объектов, необходимо в Методике [7] дифференцировать особенности ее применения для ДОО (Ф1.1), детских поликлиник (ФЗ.4) и зданий других организаций, занимающихся образованием, лечением и иными формами работы с детьми.

6. Из статистических данных следует, что 52 % погибших при пожарах — это люди, находящиеся в алкогольном (наркотическом) состоянии. В Ме-

тодике [7] этот фактор не учитывается, да и в научных исследованиях о нем умалчивается. Необходимо внести в Методику [7] дополнения, касающиеся особенностей расчета пожарного риска в зданиях, где может находиться такой контингент людей (клубы (Ф2.1), кафе и рестораны (Ф3.2), гостиницы (Ф1.2), жилые здания (Ф1.3)), особенно в наиболее опасные периоды года, например, в новогодние и другие праздники.

7. При расчете пожарного риска и определении ОФП не учитываются показатели герметичности помещений и теплоотвода в ограждающие конструкции помещения пожара. Исходя из практики выполнения расчетов рисков и экспертизы проектной документации, в расчетах учитывается самый жаркий период времени года (июнь или июль в зависимости от региона). Однако по статистике [6] подавляющее большинство людей погибает в основном в зимние месяцы (декабрь, январь, февраль) — более 4 тыс. чел.(!). В связи с этим целесообразно внести в Методику [7] в раздел по моделированию ОФП дополнительные критерии, например время и температурный предел разрушения в помещении пожара остекления (с учетом двух- или трех пакетов), а также учесть стадии самозатухания пожара из-за выгорания пожарной нагрузки или снижения концентрации кислорода до критического значения, при котором горение невозможно. Расчет ОФП в программном модуле FDS позволяет это сделать.

8. В соответствии с СП 3.13130 [16] системы оповещения людей о пожаре подразделяются на пять типов. В Методике [7] начало времени эвакуации людей принимается в соответствии с типом СОУЭ (прил. 5), причем различаются СОУЭ только 2-го и 3-го типов. СОУЭ же 1, 4 и 5-го типов при расчете не учитываются, а значит, и нет необходимости их проектировать в зданиях и сооружениях, для которых в соответствии с п. 1 Методики [7] выполняется расчет пожарного риска.

9. В расчетах по Методике [7] не учитывается:

- минимальный перечень исходных данных: например, начальная температура; критерии выбора человека “в летней или зимней одежде” (которые позволили бы быстро и точно проверить результаты расчета, а также отклонить требования органов экспертизы по представлению дополнительных данных); типовая пожарная нагрузка по функциональной пожарной опасности зданий и сооружений (применение на практике данных из таблиц, приведенных в монографиях и учебниках, в Методике [7] не закреплено); критерии выбора площади пожарной нагрузки (принимать  $1 \text{ м}^2$ , или площадь помещения пожара, или требуется расчет увеличения площади

пожара за время с момента начала возгорания до полной эвакуации людей из здания);

- необходимое число и основные сценарии пожара (это относится прежде всего к методикам, утвержденным приказами МЧС № 382 [7] и № 404 [17]), в том числе с учетом, например, положений п. 2.2 Методических рекомендаций ВНИИПО к СП 7.13130.2013 “Расчетное определение основных параметров противодымной вентиляции зданий” [18];
- необходимость изначально блокировать один из выходов с этажа (здания) и не учитывать его в расчетах (для помещения это установлено в п. 7 Методики [7]), в связи с чем требуется существенная корректировка приложения 1 [7], так как наименования зданий в нем не гармонизированы с их классификацией по функциональной пожарной опасности, установленной ст. 32 ФЗ № 123 [1];
- особенности поведения людей, в том числе при эвакуации, например, в крупных торгово-развлекательных комплексах (наличие значительного числа покупок, выбор из многих путей эвакуации в пользу своего маршрута от входа в здание, неизбежное перемещение за детьми в игровую зону (которая может быть на другом этаже), использование лифтов и передвижение на этажи автостоянки, где оставлены автомобили, и т. д.);
- влияние изменения (увеличения или уменьшения) какого-либо из параметров систем АУП, внутреннего противопожарного водопровода (ВПВ), в том числе интенсивности, расхода воды, количества струй, продолжительности подачи воды или площади орошения, на величину пожарного риска.

Как следствие, не представляется возможным оценить влияние на оценку пожарного риска наличия систем противопожарной защиты (в том числе с повышенными показателями по интенсивности, расходу, количеству струй и т. д.), если наличие таких систем не требуется нормами. Кроме того, действующие нормативные документы, в частности СП 5.13130.2009 [19], не дают ответа в части реализации требований ч. 2 ст. 45 ФЗ № 123 [1], согласно которым тип УПТ, способ тушения и вид огнетушащего вещества (ОТВ) определяются проектной организацией. При этом УПТ должна обеспечивать:

- реализацию эффективных технологий, оптимальную инерционность (критерии оптимизации в СП не установлены!);
- срабатывание за время, которое меньше длительности начальной стадии пожара (методы в СП отсутствуют);



- необходимую интенсивность орошения или удельный расход ОТВ (для тонкораспыленной воды норматив отсутствует);
- тушение пожара в течение времени, необходимого для введения оперативных сил и средств (методики нет; см., например, Методические рекомендации МЧС России по составлению планов и карточек тушения пожаров от 29.09.2010 г. № 2-4-60-8-18 [20]);
- требуемую надежность (в расчетах по оценке рисков, как правило, 0,8–0,9, фактически (т. е. по статистике) — 0,5–0,6).

Недостатками ФЗ № 123 [1] и СП 5.13130.2009 [19] является также то, что в них не учитываются современные технологии пожаротушения, в том числе газопорошковые УПТ (ч. 1 ст. 45), ограничения по совместному применению газопорошковых и комбинированных УПТ с системой противодымной вентиляции (ч. 10 ст. 85); не приводятся требования к газопорошковым УПТ (ст. 113).

Кроме того, в расчетах по Методике [7] не отражены многие значимые составляющие, такие как: проезды для пожарной техники, противопожарные расстояния, конструкции фасадов, наличие дренчерных завес, наружное противопожарное водоснабжение, ВПВ, средства индивидуальной защиты (СИЗ), средства спасения и самоспасания (ССиС) и др., что затрудняет или делает невозможным подтверждение соответствия объекта требованиям пожарной безопасности по условию 1 ч. 1 ст. 6 ФЗ № 123 [4]. Так, не принимается во внимание, что спасение и спасание (самоспасание) — это два разных процесса, для которых предлагается использовать следующие определения. *Спасение* — процесс индивидуального или коллективного самостоятельного (принудительного) перемещения людей в безопасную зону при наличии угрозы их жизни (здоровью) вследствие воздействия опасных факторов пожара или иных чрезвычайных ситуаций с использованием соответствующих технических средств спасения или без их применения. В предложенной редакции определение относится как к людям, пребывающим в здании, сооружении или на прилегающей территории, при непосредственной или ожидаемой угрозе их жизни (здоровью), так и к самим пожарным и спасателям при возникновении нештатной ситуации. При этом могут быть использованы эвакуационные пути, аварийные выходы или иные нестандартные решения. *Самоспасание* — процесс индивидуального самостоятельного вынужденного перемещения людей в безопасную зону при наличии угрозы их жизни (здоровью) вследствие воздействия опасных факторов пожара или иных чрезвычайных ситуаций с использованием соответствующих технических средств спасания или приспособлений. В такой редакции

данное определение также относится как к людям, пребывающим в здании, сооружении, при непосредственной или ожидаемой угрозе их жизни (здоровью), так и к самим пожарным и спасателям при возникновении нештатной ситуации. Вышеизложенное позволит избежать частого смешивания не только этих разных понятий “спасение” и “самоспасание”, но и соответствующих технических средств спасения и самоспасания. При этом неверно идентифицировать эти понятия с процессом эвакуации, который реализуется *до достижения опасными факторами пожара критических значений* (см. ст. 53 ФЗ № 123 [1], ГОСТ 12.1.004–91\* [8], п. 4.1.4 СП 1.13130.2009 [10], Методики [7, 17] и др.), т. е. проводится без учета применения СИЗ, средств спасения и самоспасания.

Вызывает также серьезное сомнение необходимость распространения Методики [7] на здания класса Ф4.4, т. е. здания и сооружения пожарных депо, тем более что в действующих СП такие требования по существу отсутствуют (ранее были НПБ, которые в настоящее время в органах экспертизы рассматриваются как технологические нормы проектирования пожарных депо).

Методика [7] практически неприменима также к следующим объектам (частично из-за несовершенства классификации согласно ст. 32 ФЗ № 123 [1]): общественным зданиям и сооружениям, доступным для МГН (СП 138.13330.2012 [21]; учреждениям социального обслуживания МГН (СП 141.13330.2012 [22]); зданиям центров ресоциализации (СП 142.13330.2012 [23]); помещениям для досуговой и физкультурно-оздоровительной деятельности МГН (СП 143.13330.2012 [24]); домам-интернатам (СП 145.13330.2012 [14]); геронтологическим центрам (СП 146.13330.2012 [25]); реабилитационным центрам для детей и подростков с ограниченными возможностями (СП 149.13330.2012 [26]); домам-интернатам для детей-инвалидов (СП 150.13330.2012 [15]); многофункциональным зданиям и комплексам (СП 160.13330.2014 [27]), а также к объектам Федеральной службы исполнения наказаний (ФСИН). Для перечисленных объектов защиты существенное значение имеет применение современных средств спасения и самоспасания согласно требованиям ч. 1 ст. 80 [1], однако в течение почти 6 лет это не нашло отражения в НД, в частности в Методике [7].

Кроме того, целесообразно в ФЗ № 123 [1] и соответствующих сводах правил установить дифференцированные допустимые значения пожарного риска с учетом классификации зданий и сооружений по функциональной пожарной опасности (по аналогии со ст. 93 ФЗ № 123 [1] для производственных объектов), наличия и “качества” систем противопожарной защиты, что должно быть отражено в соответ-



ствующих методиках. Не способствует расширению области внедрения расчетов по оценке рисков и повышению эффективности противопожарной защиты и следующее требование п. 4.1.3 СП 1.13130.2009 [10]: “Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать возможность безопасного движения людей через эвакуационные выходы из данного помещения без учета применяемых в нем средств пожаротушения и индивидуальных средств защиты от ОФП”, а также п. 4.1.4 [10]: “Мероприятия и средства, предназначенные для спасения людей... при проектировании путей эвакуации из помещений и зданий не учитываются”.

В целом методики по оценке пожарных рисков, кроме собственно оценки соответствия здания и сооружения (использование понятия “объект” противоречит основной части требований ФЗ № 123 [1] и ФЗ № 384 [2]) требованиям пожарной безопасности, должны давать возможность обосновывать соблюдение таких требований на альтернативной основе, что предусмотрено требованиями ч. 3 ст. 6 ФЗ № 384 [2] и ч. 1 ст. 6 ФЗ № 123 [1]. В соответствии с [1, 2] расчет пожарного риска должен в полной мере подтверждать пожарную безопасность объекта защиты (не только безопасность людей, но и защиту имущества!), в том числе при невыполнении требований пожарной безопасности, установленных

нормативными документами по пожарной безопасности, которые подлежат применению на добровольной основе. Зачастую мнение органов экспертизы, сотрудников надзора сводится к тому, что методика позволяет обосновать безопасность людей только по отступлениям от требований к путям эвакуации (т. е. уменьшение их ширины, увеличение расстояний до эвакуационных выходов, снижение числа или нерассредоточенность эвакуационных выходов). Актуальным является не столько *распространение Методики на объекты всех классов функциональной пожарной опасности, сколько ее дальнейшее развитие и совершенствование* в целях существенного расширения состава показателей (см. ст. 17 ФЗ № 384 [2] в части противопожарных расстояний, огнестойкости, пожарной опасности, сетей и систем инженерно-технического обеспечения, в том числе внутреннего и наружного противопожарного водоснабжения, применения средств индивидуальной защиты, средств самоспасания и средств спасения, наличия пожарной охраны и т. д.), обеспечивающих объективную оценку пожарных рисков и *подтверждающих эффективность (неэффективность) выбора тех или иных проектных и строительных решений*, в том числе в части обеспечения пожарной безопасности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008; одобр. Сов. Федерации 11.07.2008 // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.
2. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений : Федер. закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ; принят Гос. Думой 23.12.2009; одобр. Сов. Федерации 25.12.2009 // Российская газета. — 31.12.2009. — № 255.
3. О техническом регулировании : Федер. закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ; принят Гос. Думой 15.12.2002; одобр. Сов. Федерации 18.12.2002 // Российская газета. — 2002. — № 245.
4. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях : Федер. закон от 30.12.2001 № 195-ФЗ; принят Гос. Думой 20.12.2001; одобр. Сов. Федерации 26.12.2001 // Российская газета. — 31.12.2001. — № 256; Собр. законодательства РФ. — 07.01.2002. — № 1 (ч. I), ст. 1.
5. Административный регламент МЧС России по исполнению государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности : приказ МЧС России от 28.06.2012 № 375; зарег. в Минюсте РФ 13.07.2012, рег. № 24901. URL : <http://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 04.12.2014).
6. Пожары и пожарная безопасность в 2013 году : стат. сборник. — М. : ВНИИПО, 2014. — 137 с.
7. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382; введ. 30.06.2009 // Российская газета. — 2009. — № 161; М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
8. ГОСТ 12.1.004–91\*. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. — Введ. 01.07.92. — М. : Изд-во стандартов, 1991; ИПК Изд-во стандартов, 1996; 2002; Стандартинформ, 2006.
9. Харисов Г. Х., Фирсов А. В. Обоснование нормативного значения и расчетной величины индивидуального пожарного риска в зданиях и сооружениях : монография. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2014. — 225 с.

10. СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы (с изм.: приказ МЧС РФ от 09.12.2010 № 639); приказ МЧС РФ от 25.03.2009 № 171; введ. 01.05.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
11. СП 2.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты : приказ МЧС России от 25.03.2009 № 172; введ. 01.05.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
12. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям : приказ МЧС России от 24.04.2013 № 288; введ. 24.06.2013. — М. : ВНИИПО МЧС России, 2013.
13. СП 118.13330.2012. Общественные здания и сооружения (актуализированная редакция СНиП 31-06-2009) : приказ Минрегиона РФ от 29.12.2011 № 635/10; введ. 01.01.2013. — М. : ФАУ ФЦС, 2012. — 77 с.
14. СП 145.13330.2012. Дома-интернаты. Правила проектирования : приказ Госстроя России от 27.12.2012 № 132/ГС; введ. 01.07.2013. — М. : Госстрой, 2012.
15. СП 150.13330.2012. Дома-интернаты для детей-инвалидов. Правила проектирования : приказ Госстроя России от 27.12.2012 № 136/ГС; введ. 01.07.2013. — М. : Госстрой, 2012.
16. СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности : приказ МЧС России от 25.03.2009 № 173; введ. 01.05.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
17. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах : утв. приказом МЧС РФ от 10.07.2009 № 404; зарег. в Минюсте РФ 17.08.2009, рег. № 14541; введ. 10.07.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. URL : <http://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 04.12.2014).
18. Расчетное определение основных параметров противодымной вентиляции зданий. Методические рекомендации к СП 7.13130.2013. — М. : ВНИИПО, 2013. — 58 с.
19. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования : приказ МЧС России от 25.03.2009 № 175; введ. 01.05.2009. — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
20. Методические рекомендации по составлению планов тушения пожаров и карточек тушения пожаров : утв. 27.02.2013 № 2-4-87-1-18 (письмо МЧС России от 01.03.2013 № 43-956-18). URL : <http://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 04.12.2014).
21. СП 138.13330.2012. Общественные здания и сооружения, доступные маломобильным группам населения. Правила проектирования : приказ Госстроя России от 27.12.2012 № 124/ГС; введ. 01.07.2013. — М. : Госстрой, 2012.
22. СП 141.13330.2012. Учреждения социального обслуживания маломобильных групп населения. Правила расчета и размещения : приказ Госстроя России от 27.12.2012 № 121/ГС; введ. 01.07.2013. — М. : Госстрой, 2012.
23. СП 142.13330.2012 (актуализированная версия СП 35-107-2003). Здания центров ресоциализации. Правила проектирования : приказ Госстроя России от 27.12.2012 № 123/ГС; введ. 01.07.2013. — М. : ФАУ ФЦС, 2012.
24. СП 143.13330.2012. Помещения для досуговой и физкультурно-оздоровительной деятельности маломобильных групп населения. Правила проектирования : приказ Госстроя России от 27.12.2012; введ. 01.07.2013. — М. : Госстрой, 2013.
25. СП 146.13330.2012. Геронтологические центры, дома сестринского ухода, хосписы. Правила проектирования : приказ Госстроя России от 27.12.2012 № 133/ГС; введ. 01.07.2013. — М. : Госстрой, ФАУ ФЦС, 2012.
26. СП 149.13330.2012. Реабилитационные центры для детей и подростков с ограниченными возможностями. Правила проектирования : приказ Госстроя России от 27.12.2012 № 113/ГС; введ. 01.07.2013. — М. : ФАУ ФЦС, 2012.
27. СП 160.13330.2014. Здания и комплексы многофункциональные. Правила проектирования : приказ Минстроя от 07.08.2014 № 440/пр; введ. 01.09.2014. — М. : Минстрой, 2014.

*Материал поступил в редакцию 10 декабря 2014 г.*

## USAGE OF METHODS OF CALCULATION FOR ESTIMATION OF FIRE RISKS

**MESHALKIN E. A.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of National Academy of Fire Science, Vice-President for Science of NPO Puls (Rusakovskaya St., 28, bld. 1A, Moscow, 107014, Russian Federation; e-mail address: meshalkin@npopuls.ru)

**BURBAKH V. A.**, Chief of Projects of NPO Puls (Rusakovskaya St., 28, bld. 1A, Moscow, 107014, Russian Federation; e-mail address: ntk-npo@mail.ru)

**VANTYAKSHEV N. N.**, Chief of Projects of NPO Puls (Rusakovskaya St., 28, bld. 1A, Moscow, 107014, Russian Federation; e-mail address: vantyakshev@yandex.ru)

### ABSTRACT

The article analyze practical application of methods for calculation of fire risks for objects of different functional fire hazard classes. Specific proposals for their improvement were made, aimed at selection of effective design solutions (urban planning, design, space planning, networks and systems engineering and technical support, organizational and technical) to improve the fire safety of the object of protection, optimize costs, and minimize the number of remarks during the examination of projects documentation.

**Keywords:** fire safety; compliance confirmation; scenario of the fire; fire risk; fire loading; dangerous factors of the fire; safe zone; evacuation of people at the fire; survival equipment; equipment of self-rescue; fire extinguishing installation.

### REFERENCES

1. Technical regulations for fire safety requirements. Federal Law on 22.07.2008 No. 123. *Sobraniye zakonodatelstva RF — Collection of Laws of the Russian Federation*, 2008, no. 30 (part I), art. 3579 (in Russian).
2. About safety of buildings and constructions. Federal Law on 30.12.2009 No. 384. *Rossiyskaya gazeta — Russian Newspaper*, 31.12.2009, no. 255 (in Russian).
3. On technical regulation. Federal Law on 27.12.2002 No. 184. *Rossiyskaya gazeta — Russian Newspaper*, 2002, no. 245 (in Russian).
4. The code of the Russian Federation about administrative to offenses. Federal Law on 30.12.2001 No. 195. *Rossiyskaya gazeta — Russian Newspaper*, 31.12.2001, no. 256 (in Russian).
5. About the approval of administrative regulations of execution of the state function on supervision of implementation of requirements of fire safety. The order of Emercom of Russia on 28.06.2012. No. 375. Available at: <http://www.mchs.gov.ru> (Accessed 4 December 2014) (in Russian).
6. *Pozhary i pozharnaya bezopasnost v 2013 godu. Statisticheskii sbornik* [The fires and fire safety in 2013. Statistical collection]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 2014. 137 p.
7. *Technique of determination of settlement sizes of fire risk in buildings, constructions and structures of various classes of functional fire danger*. Order of Emercom of Russia on 30.06.2009 No. 382. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009 (in Russian).
8. *Interstate standard 12.1.004–91\*. Occupational safety standards system. Fire safety. General requirements*. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1991; Standartinform Publ., 2006 (in Russian).
9. Kharisov G. H., Firsov A. V. *Obosnovaniye normativnogo znacheniya i raschetnoy velichiny individualnogo pozharnogo riska v zdaniyakh i sooruzheniyakh. Monografiya* [Justification of standard value and settlement sizes of individual fire risk in buildings and constructions. Monograph]. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2014. 225 p.
10. *Set of rules 1.13130.2009. Systems of fire protection. Evacuation ways and exits*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009 (in Russian).
11. *Set of rules 2.13130.2009. Systems of fire protection. Fire-resistance security of protecting units*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009. 19 p. (in Russian).
12. *Set of rules 4.13130.2013. Systems of fire protection. Restriction of fire spread at object of defense. Requirements to special layout and structural decisions*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2013 (in Russian).

13. *Set of rules 118.13330.2012. Public buildings and constructions (the staticized edition of Construction Norms and Regulations 31-06–2009)*. Moscow, FAU FTsS Publ., 2012. 77 p.
14. *Set of rules 145.13330.2012. Boarding-houses. Rules of architectural design*. Moscow, Gosstroy Publ., 2012 (in Russian).
15. *Set of rules 150.13330.2012. Boarding schools (institutions) for disabled children. Rules of architectural design*. Moscow, Gosstroy Publ., 2012 (in Russian).
16. *Set of rules 3.13130.2009. Systems of fire protection. System of annunciation and management of human evacuation at fire. Requirements of fire safety*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009 (in Russian).
17. *Technique of determination of settlement sizes of fire risk on production objects*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009. Available at: <http://www.mchs.gov.ru> (Accessed 4 December 2014) (in Russian).
18. *Settlement determination of key parameters of antismoke ventilation of buildings. Methodical recommendations to the set of rules 7.13130.2013*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2013 (in Russian).
19. *Set of rules 5.13130.2009. Systems of fire protection. Automatic fire-extinguishing and alarm systems. Designing and regulations rules*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009 (in Russian).
20. *Methodical recommendations about drawing up plans of suppression of the fires and cards of suppression of the fires*. Available at: <http://www.mchs.gov.ru> (Accessed 4 December 2014) (in Russian).
21. *Set of rules 138.13330.2012. Public buildings and structures accessible for physically handicapped visitors rules of architectural design*. Moscow, Gosstroy Publ., 2012 (in Russian).
22. *Set of rules 141.13330.2012. Social service institutions persons with reduced mobility. Regulations of calculation and allocation*. Moscow, Gosstroy Publ., 2012 (in Russian).
23. *Set of rules 142.13330.2012. The buildings of social service centres. Rules of architectural design*. Moscow, FAU FTsS Publ., 2013 (in Russian).
24. *Set of rules 143.13330.2012. Rooms for leisure and sports and improving activity of low mobile groups of the population. Rules of architectural design*. Moscow, Gosstroy Publ., 2013 (in Russian).
25. *Set of rules 146.13330.2012. Gerontological centres, nursing homes, hospices. Design rules. Rules of architectural design*. Moscow, Gosstroy, FAU FTsS Publ., 2012 (in Russian).
26. *Set of rules 149.13330.2012. Rehabilitation center for children and teenagers with limited possibilities. Rules of architectural design*. Moscow, FAU FTsS Publ., 2012 (in Russian).
27. *Set of rules 160.13330.2014. Mixed-use buildings and complexes. Regulations of design*. Moscow, FAU FTsS Publ., 2014 (in Russian).



**И. С. НИКИТИН**, преподаватель кафедры процессов горения, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4)

**И. Р. БЕГИШЕВ**, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры процессов горения, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4)

**А. К. БЕЛИКОВ**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры процессов горения, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: belikovak@yandex.ru)

УДК 614.841.12

## ФЛЕГМАТИЗАЦИЯ ЧЕТЫРЕХХЛОРИСТЫМ УГЛЕРОДОМ СМЕСЕЙ ХЛОРМЕТАНА И ХЛОРА ПРИ ИХ ФОТОВОСПЛАМЕНЕНИИ

Приводятся экспериментальные данные по флегматизации смеси хлорметана и хлора четыреххлористым углеродом. Установлено, что минимальная флегматизирующая концентрация (МФК) в эквимольной смеси составляет 33 % об. Показано, что расчетное значение МФК, найденное из уравнения теплового баланса, достаточно хорошо согласуется с экспериментальным.

**Ключевые слова:** хлорметан; хлор; фотовоспламенение; флегматизация; четыреххлористый углерод.

Флегматизацию газовых горючих смесей используют для предотвращения воспламенения смеси при действии источника зажигания. Смесей хлорметана и хлора  $\text{CH}_3\text{Cl} + \text{Cl}_2$  способны воспламеняться под действием УФ-излучения [1], например в процессе фотохлорирования хлористого метила. Для флегматизации смеси хлористого метила и хлора удобно использовать четыреххлористый углерод  $\text{CCl}_4$ , являющийся конечным продуктом реакции хлорирования хлорметана.

Для исследования фотовоспламенения смесей  $\text{CH}_3\text{Cl} + \text{Cl}_2$  в присутствии  $\text{CCl}_4$  использовали цилиндрический сосуд из нержавеющей стали диаметром  $5 \cdot 10^{-2}$  м и длиной  $5 \cdot 10^{-2}$  м. УФ-свет от ртутной лампы мощностью 1 кВт попадал в сосуд через кварцевое стекло, установленное с торца сосуда. Интенсивность светового потока, измеренная методом ферриоксалатной дозиметрии, составила  $1,96 \cdot 10^{21}$  квант/( $\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ). В сосуд, предварительно вакуумированный до остаточного давления  $10^{-2}$  мм рт. ст., набирали газовую реакционную смесь по парциальным давлениям компонентов. Начальная температура смеси составляла 20 °С, давление — атмосферное. В некоторых случаях для создания необходимого парциального давления четыреххлористого углерода всю установку подогревали. После открытия центрального затвора, расположенного между сосудом и лампой, под воздействием УФ-излучения начинался разогрев реагирующей смеси. Температуру разогрева смеси фиксировали с помощью микротермопары (диаметр спая ~20 мкм), установленной в центре сосуда. Данные, полученные с термопары,

передавались через аналого-цифровой преобразователь (АЦП) в компьютер, где они обрабатывались в виде зависимости  $T = f(\tau)$ .

В присутствии флегматизаторов трихлорметана и четыреххлористого углерода было отмечено заметное влияние на воспламенение продуктов горения, адсорбированных на стенках сосуда, поэтому после каждого воспламенения стенки сосуда очищали изопропиловым спиртом. Таким образом, результаты экспериментального исследования фотовоспламенения были получены в чистом (нетренированном) сосуде. На рис. 1 показано изменение температуры смеси при содержании в ней 30 %  $\text{CH}_3\text{Cl}$  и добавлении различного количества четыреххлористого углерода под действием УФ-излучения. Как видно из рис. 1, с увеличением содержания  $\text{CCl}_4$  максимальный разогрев смеси снижается, период индукции растет, а при концентрации флегматизатора более 33 % смесь перестает воспламеняться.

Изменение максимальной температуры разогрева смеси с начальной концентрацией хлорметана 20, 30 и 40 % в присутствии  $\text{CCl}_4$  показано на рис. 2. На графиках хорошо видна критичность смены режима процесса, которая наиболее сильно проявляется в смесях с избытком хлора. Аналогичные зависимости при добавлении  $\text{CCl}_4$  были получены и для других соотношений хлорметана и хлора.

На основании полученных результатов построена зависимость концентрационной области фотовоспламенения смеси ( $\text{CH}_3\text{Cl} + \text{Cl}_2$ ) от содержания в ней четыреххлористого углерода (рис. 3). Из рисунка видно, что минимальная флегматизирующая

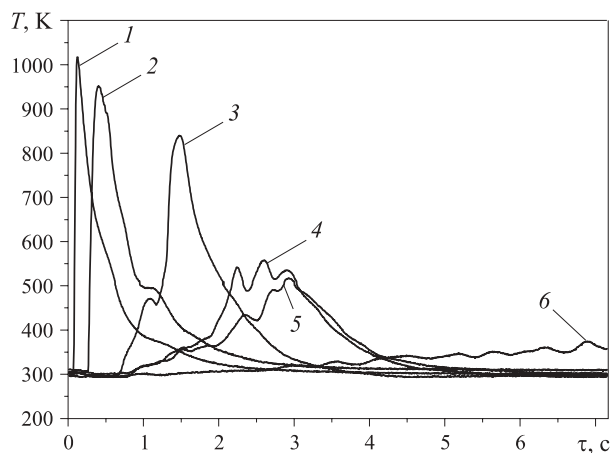


Рис. 1. Изменение температуры смеси, содержащей 30 % об.  $\text{CH}_3\text{Cl}$ , во времени в зависимости от концентрации  $\text{CCl}_4$  (% об.): 1 — 0; 2 — 20; 3 — 32; 4 — 34; 5 — 36; 6 — 43

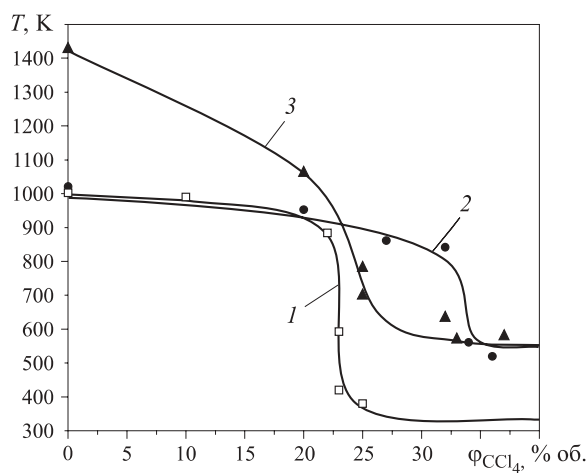


Рис. 2. Зависимость максимальной температуры разогрева смеси от концентрации  $\text{CCl}_4$  в смеси при начальном содержании хлорметана (% об.): 1 — 20; 2 — 30; 3 — 50

концентрация четыреххлористого углерода в такой смеси составляет ~33 % (об.).

Четыреххлористый углерод для данной системы является веществом нейтральным, так как не участвует в химических превращениях, поэтому для теоретической оценки минимальной флегматизирующей концентрации (МФК)  $\text{CCl}_4$  можно использовать уравнение теплового баланса:

$$Q = (T_r - T_0) (\sum C_{\text{пр}_i} V_{\text{пр}_i} + C_{\text{ф}} V_{\text{ф}}), \quad (1)$$

где  $Q$  — тепловой эффект химической реакции;  
 $T_r$  — предельная температура горения;  
 $T_0$  — начальная температура;  
 $C_{\text{пр}_i}, C_{\text{ф}}$  — теплоемкость  $i$ -го продукта горения и флегматизатора;  
 $V_{\text{пр}_i}, V_{\text{ф}}$  — объем  $i$ -го продукта горения и флегматизатора.

Из уравнения (1) найдем количество четыреххлористого углерода, необходимое для снижения

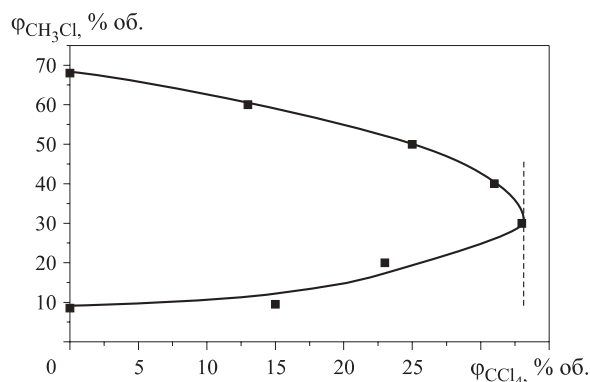
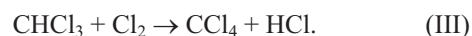


Рис. 3. Зависимость концентрационной области фотовоспламенения смеси хлорметана и хлора от концентрации четыреххлористого углерода

температуры горения до предельной. За предельную температуру примем расчетную адиабатическую температуру горения смеси на нижнем концентрационном пределе фотовоспламенения.

При хлорировании хлорметана происходит последовательное (трехстадийное) замещение трех атомов водорода на хлор:



Каждая из стадий (I)–(III) протекает по радикально-цепному механизму с участием атомов и радикалов. Тепловые эффекты этих стадий примерно одинаковы и составляют около 100 кДж/моль.

Температура разогрева смеси зависит не только от величины теплового эффекта, но и от скорости выделения тепла, т. е. от скорости химического взаимодействия. Поэтому о вкладе каждой стадии в разогрев смеси можно судить по скорости химической реакции.

В таблице представлены элементарные реакции продолжения цепей каждой стадии и константы скорости этих реакций. Анализируя приведенные данные, можно прийти к выводу, что третья стадия хлорирования протекает со скоростью на 2–3 порядка ниже, чем две первые. Таким образом, можно считать, что основной вклад в разогрев смеси вносят первая и вторая стадии хлорирования.

Стадия	Элементарная реакция	Константа скорости, $\text{м}^3/(\text{моль}\cdot\text{с})$ [3]
I	1.1 $\dot{\text{C}}\text{l} + \text{CH}_3\text{Cl} \rightarrow \dot{\text{C}}\text{H}_2\text{Cl} + \text{HCl}$	$2,95 \cdot 10^5$
	1.2 $\dot{\text{C}}\text{H}_2\text{Cl} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl}_2 + \dot{\text{C}}\text{l}$	$1,75 \cdot 10^5$
II	2.1 $\dot{\text{C}}\text{l} + \text{CH}_2\text{Cl}_2 \rightarrow \dot{\text{C}}\text{HCl}_2 + \text{HCl}$	$1,99 \cdot 10^5$
	2.2 $\dot{\text{C}}\text{HCl}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CHCl}_3 + \dot{\text{C}}\text{l}$	$0,78 \cdot 10^4$
III	3.1 $\dot{\text{C}}\text{l} + \text{CHCl}_3 \rightarrow \dot{\text{C}}\text{Cl}_3 + \text{HCl}$	$0,73 \cdot 10^5$
	3.2 $\dot{\text{C}}\text{Cl}_3 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CCl}_4 + \dot{\text{C}}\text{l}$	$0,90 \cdot 10^2$

В связи с этим для расчета адиабатической температуры горения на нижнем пределе будем принимать во внимание только две первые стадии (I и II). Тепловой эффект такой двухстадийной реакции  $Q$  (кДж/моль) по закону Гесса составит:

$$Q = \Delta H_{\text{CHCl}_3} + 2\Delta H_{\text{HCl}} - \Delta H_{\text{CH}_3\text{Cl}} = 100,4 + 2 \cdot 92,3 - 82,0 = 203 \text{ кДж/моль}$$

где  $\Delta H_i$  — значения теплоты образования веществ, взятые из [2].

Согласно нашим измерениям нижний концентрационный предел фотовоспламенения  $\varphi_n = 9\%$  (об.) [1]. Коэффициент избытка хлора  $\alpha_{\text{Cl}_2}$  в такой смеси найдем из уравнения

$$\alpha_{\text{Cl}_2} = (100 - \varphi_n) / (\varphi_n V_{\text{Cl}_2}^0), \quad (2)$$

где  $V_{\text{Cl}_2}^0$  — теоретическое количество хлора, необходимое для сгорания хлорметана с образованием  $\text{CHCl}_3$  и  $\text{HCl}$ ;  $V_{\text{Cl}_2}^0 = 2$  моль/моль.

Подставляя численное значение  $V_{\text{Cl}_2}^0$  в (2), получим  $\alpha = 5,06$ . Тогда избыток хлора в этой смеси составит:

$$\Delta V_{\text{Cl}_2} = V_{\text{Cl}_2}^0 (\alpha - 1) = 2(5,06 - 1) = 8,12 \text{ моль/моль}. \quad (3)$$

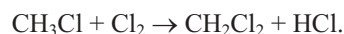
Адиабатическая температура горения нижнепределной смеси  $T_r^{\text{пред}}$  будет определяться по формуле

$$T_r^{\text{пред}} = T_0 + \frac{Q}{\sum C_{\text{пр}_i} V_{\text{пр}_i}} = T_0 + \frac{Q}{C_{\text{CHCl}_3} V_{\text{CHCl}_3} + C_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}} + C_{\text{Cl}_2} V_{\text{Cl}_2}}. \quad (4)$$

Поскольку флегматизацию смесей при фотовоспламенении изучали в коротком (в направлении светового потока) сосуде, считали, что воспламенение происходит практически одновременно во всем сосуде, т. е. в изохорных условиях. Поэтому для расчета  $T_r^{\text{пред}}$  использовали значения теплоемкости при постоянном объеме, взятые из [2]. В этом случае

$$T_r^{\text{пред}} = 293 + \frac{203 \cdot 10^3}{57,3 \cdot 1 + 20,8 \cdot 2 + 25,5 \cdot 8,12} = 956 \text{ К}.$$

Максимальное количество флегматизатора требуется для наиболее горючей смеси, которая согласно экспериментальным результатам (рис. 3) содержит горючее и окислитель в соотношении 1:1. В такой смеси может произойти полное замещение на хлор только одного атома водорода:



Тепловой эффект этой реакции составит:

$$Q_1 = \Delta H_{\text{CH}_2\text{Cl}_2} + \Delta H_{\text{HCl}} - \Delta H_{\text{CH}_3\text{Cl}} = 98,2 \text{ кДж/моль}.$$

Решая уравнение (1) относительно  $V_\phi$ , найдем:

$$V_\phi = [Q_1 - (T_r^{\text{пред}} - T_0)(C_{\text{CH}_2\text{Cl}_2} V_{\text{CH}_2\text{Cl}_2} + C_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}})] / [(T_r^{\text{пред}} - T_0) C_\phi]^{-1}. \quad (5)$$

Подставляя численные значения величин в (5), получим:

$$V_\phi = \frac{98200 - (956 - 293)(42,8 \cdot 1 + 20,85 \cdot 1)}{(956 - 293)75,1} = 1,13 \text{ моль/моль}.$$

Отсюда минимальная флегматизирующая концентрация четыреххлористого углерода в смеси хлорметана и хлора составит:

$$\varphi_{\text{МФК}} = \frac{1,13 \cdot 100}{1 + 1 + 1,13} = 35,9\%.$$

Расчетное значение МФК, найденное из уравнения теплового баланса, хорошо согласуется с экспериментальным. На этом основании для систем, содержащих в качестве окислителя хлор, для оценки МФК нейтральных веществ можно рекомендовать метод, основанный на тепловой модели прекращения горения. Например, для большинства реакционных газовых смесей углеводородов с хлором, в которых происходит реакция замещения атомов водорода на хлор, удобно использовать в качестве флегматизатора образующийся в реакции хлористый водород, часть которого можно возвращать в фотореактор для разбавления горючей смеси. Оценка МФК хлористого водорода в смеси хлорметана и хлора по уравнению (5) дает значение 67% (об.).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беликов А. К., Никитин И. С., Бегишев И. Р. Воспламенение смесей хлорметана с хлором под действием ультрафиолетового излучения // Пожаровзрывобезопасность. — 2010. — Т. 19, № 10. — С. 9–12.
2. Справочник физико-химических величин / Под ред. К. П. Мищенко, А. А. Равдель. — Л.: Химия, 1974. — 200 с.
3. Brahan K. M., Hewitt A. D., Boone G. D., Hewitt S. A. Rate Constant for the reaction of Cl with  $\text{CHCl}_3$  // Int. J. Chem. Kinet. — 1996. — Vol. 28, No. 6. — P. 397–404. doi: 10.1002/(SICI)1097-4601(1996)28:6::AID-KIN13.0.CO;2-Q.

Материал поступил в редакцию 28 октября 2014 г.

## PHLEGMATIZATION OF METHYL CHLORIDE AND CHLORINE GAS MIXTURES BY CARBON TETRACHLORIDE IN THEIR PHOTOIGNITION

**NIKITIN I. S.**, Lecture of Combustion Processes Department, State Fire Service Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation)

**BEGISHEV I. R.**, Doctor of Technical Sciences, Professor of Combustion Processes Department, State Fire Service Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation)

**BELIKOV A. K.**, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of Combustion Processes Department, State Fire Service Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation)

### ABSTRACT

Subject of investigation (scientific study) — the photoignition of  $\text{CH}_3\text{Cl} + \text{Cl}_2$  gas mixtures in the presence of carbon tetrachloride. The inflammation was initiated by radiation of mercury-quartz lamp of 1 kW. The experimentally determined value of the minimum phlegmatization concentration (MPC)  $\text{CCl}_4$  was 33 % (vol.). The calculation of the MPC was based on the heat balance equation, in which the limiting (peak) adiabatic combustion temperature is the combustion temperature in the lower concentration limit of photoignition in the conditions of the first two fastest stages of the sequential substitution of hydrogen atoms by chlorine. The calculation was performed for an equimolar mixture of  $\text{CH}_3\text{Cl} + \text{Cl}_2$ . The resulting calculated value was 35.9 % (vol.), which is in good agreement with the experimental value. It is concluded that for the evaluation of the phlegmatization action of neutral (not participating in the chemical transformation) substances, the heat balance equation can be used. Based on this method the estimates of phlegmatizing concentration of hydrogen chloride are provided.

**Keywords:** methyl chloride; chlorine; photoignition; phlegmatization; carbon tetrachloride.

### REFERENCES

1. Belikov A. K., Nikitin I. S., Begishev I. R. Vosplamneniye gazovykh smesey khlorometana i khloro pod deystviyem UF-izlucheniya [The ignition of chloromethane and chlorine gas mixtures under UV-light]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2010, vol. 19, no. 10, pp. 9–12.
2. Mishchenko K. P., Ravdel A. A. *Spravochnik fiziko-khimicheskikh velichin* [Handbook of physical-chemical variables]. Leningrad, Khimiya Publ., 1974. 200 p.
3. Brahan K. M., Hewitt A. D., Boone G. D., Hewitt S. A. Rate Constant for the reaction of Cl with  $\text{CHCl}_3$ . *Int. J. Chem. Kinet.*, 1996, vol. 28, no. 6, pp. 397–404. doi: 10.1002/(SICI)1097-4601(1996)28:6::AID-KIN13.0.CO;2-Q.



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

**А. Ю. КОШЕЛЕВ**, старший преподаватель Уральского института ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22); соискатель научно-инженерного центра “Надежность и ресурс больших систем и машин” УрО РАН (Россия, 620049, г. Екатеринбург, ул. Студенческая, 54а; e-mail: Alekshelev@mail.ru)

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

УДК 614.841.41:547.43

## СВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ С ХИМИЧЕСКИМ СТРОЕНИЕМ. XVIII. АЛКИЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ АМИНОМЕТАНОЛА

Проведено QSPR-исследование в ряду алкильных производных аминометанола. Показана возможность применения правила углеродной цепи для прогнозирования их физико-химических и пожароопасных свойств. Получены эмпирические зависимости для прогнозирования теплот парообразования и образования ( $H_{\text{пар}}$ ,  $H_{\text{обр}}$ ), критического давления ( $P_{\text{кр}}$ ), критической температуры ( $T_{\text{кр}}$ ) температур кипения и вспышки ( $T_{\text{кип}}$ ,  $T_{\text{всп}}$ ) и концентрационных пределов воспламенения ( $C_{\text{н}}$ ,  $C_{\text{в}}$ ) от числа атомов углерода ( $N_{\text{C}}$ ):  $H_{\text{пар}} = 1,55N_{\text{C}} + 37,95$  ( $2 \leq N_{\text{C}} \leq 6$  – 1-й тип);  $H_{\text{обр}} = 20,92N_{\text{C}} + 167,83$  ( $2 \leq N_{\text{C}} \leq 11$ );  $P_{\text{кр}} = 0,34N_{\text{C}}^2 - 8,82N_{\text{C}} + 77,98$  ( $2 \leq N_{\text{C}} \leq 11$ );  $T_{\text{кр}} = 16,21N_{\text{C}} + 538,2$  ( $2 \leq N_{\text{C}} \leq 11$ );  $T_{\text{кип}} = 0,81N_{\text{C}}^2 + 34,39N_{\text{C}} + 347,19$  ( $2 \leq N_{\text{C}} \leq 11$ );  $T_{\text{всп}} = 0,34N_{\text{C}}^2 + 17,08N_{\text{C}} + 279,98$  ( $2 \leq N_{\text{C}} \leq 11$ );  $C_{\text{н}} = 0,07N_{\text{C}}^2 - 0,89N_{\text{C}} + 3,91$  ( $2 \leq N_{\text{C}} \leq 11$ );  $C_{\text{в}} = 0,57N_{\text{C}}^2 - 7,77N_{\text{C}} + 33,6$  ( $2 \leq N_{\text{C}} \leq 11$ ). Для сравнительного анализа выполнены расчеты по методам ACD/Labs, HSPiP, ChemBioOffice 2012 и ГОСТ 12.1.044–89\*.

**Ключевые слова:** аминометанол; показатель; температура вспышки; зависимость; прогноз; хемоинформатика.

Исследования QSPR (*Quantitative Structure — Property Relationship*) — одно из направлений хемоинформатики, в котором устанавливается количественная взаимосвязь между строением и свойством химического соединения. В настоящей работе продолжено QSPR-изучение аминспиртов [1] и в качестве объекта исследования выбраны алкилпроизводные аминометанола. По способу увеличения углеродной цепи молекулы за счет алкильных заместителей  $R^1$  и  $R^2$  можно выделить два типа производных аминометанола (рис. 1).

Ранее при QSPR-исследовании алкил- и диалкилбензолов [2] нами использовался прием изменения точки отсчета, который заключался в том, что в качестве “функциональной” группы рассматривались не алкильные радикалы, а бензольное кольцо. Благодаря этому подходу стало возможно рассматривать диалкилбензолы как алканы с одной функциональной группой. В настоящем исследовании также использован данный прием. В качестве услов-

ной функциональной группы  $\Phi$  выбран фрагмент  $\text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{OH}$  (см. рис. 1). Метод определения основной (ОУЦ) и условной (УУЦ) углеродных цепей для соединений 1-го типа аналогичен способу нахождения ОУЦ и УУЦ в спиртах, альдегидах, карбоновых кислотах, алкилмеркаптанах, нитроалканах, галогеналканах и алкиламинах [3–10]. При этом  $\alpha$ -эффект алкильной группы, характерный для спиртов и нитроалканов [3, 6], не проявляется. В производных аминометанола 2-го типа ОУЦ и УУЦ вычисляются так же, как в простых эфирах и тиоэфирах [11, 12].

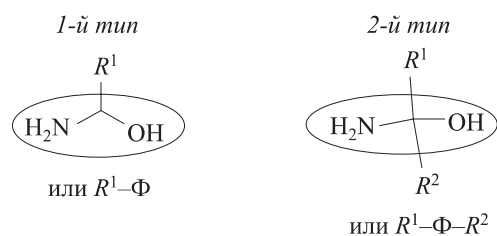


Рис. 1. Типы производных аминометанола

Таблица 1. Справочные и расчетные физико-химические и пожароопасные свойства дизамещенных аминометанолов

Соединение			$H_{\text{пар}},$ кДж/ моль	$H_{\text{обр}},$ кДж/ моль	$P_{\text{кр}},$ атм	Температура, К			КПВ, % (об.)	
$R^1$	$R^2$	Номер (УУЦ)				$T_{\text{кр}}$	$T_{\text{кип}}$	$T_{\text{всп}}$	$C_{\text{н}}$	$C_{\text{в}}$
CH <sub>3</sub>	H	1 (1)	41,1 <sup>P</sup>	208,3 <sup>P</sup>	62,9 <sup>P</sup>	550 <sup>P</sup>	387 <sup>P</sup>	296 <sup>P</sup>	2,4 <sup>P</sup>	20,9 <sup>P</sup>
			41,1	209,7	61,7	554	410 <sup>P</sup> 409 <sup>P</sup> 406 <sup>P</sup> 381	330 <sup>P</sup> 330 <sup>P</sup> 297	2,3 2,4	20,3
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	H	(2)	42,5 <sup>P</sup>	229,0 <sup>P</sup>	54,2 <sup>P</sup>	573 <sup>P</sup>	400 <sup>P</sup>	303 <sup>P</sup>	1,8 <sup>P</sup>	14,9 <sup>P</sup>
			42,6	230,6	54,6	571	432 <sup>P</sup> 429 <sup>P</sup> 427 <sup>P</sup> 413 410	334 <sup>P</sup> 338 <sup>P</sup> 313 313	1,7 1,9 1,9	15,4 16,2
			42,6	229,0	55,1	572				
CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	H	3 (2,5)	43,2 <sup>P</sup>	254,9 <sup>P</sup>	47,8 <sup>P</sup>	580 <sup>P</sup>	406 <sup>P</sup>	307 <sup>P</sup>	1,4 <sup>P</sup>	11,5 <sup>P</sup>
			43,4	241,1	51,3	579	455 <sup>P</sup> 444 <sup>P</sup> 430 <sup>P</sup> 428 421	349 <sup>P</sup> 342 <sup>P</sup> 321 322	1,7 1,6	13,4 13,2
			43,3	239,3	50,8	584				
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	H	2 (3)	44,2 <sup>P</sup>	249,6 <sup>P</sup>	47,3 <sup>P</sup>	594 <sup>P</sup>	415 <sup>P</sup>	313 <sup>P</sup>	1,4 <sup>P</sup>	11,5 <sup>P</sup>
			44,2	251,5	48,1	587	455 <sup>P</sup> 456 <sup>P</sup> 444 <sup>P</sup> 443 432	346 <sup>P</sup> 348 <sup>P</sup> 328 328	1,3 1,5 1,5	11,6 12,2
			44,2	249,7	47,9	594				
C(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	H	(3)	44,3 <sup>P</sup>	279,0 <sup>P</sup>	42,6 <sup>P</sup>	596 <sup>P</sup>	417 <sup>P</sup>	314 <sup>P</sup>	1,5	11,6
			44,2	251,5	48,1	587	475 <sup>P</sup> 450 <sup>P</sup> 430 <sup>P</sup> 444 <sup>P</sup> 443 432	336 <sup>P</sup> 350 <sup>P</sup> 328 328	1,5	12,2
			44,2	249,7	47,9	594				
CH(CH <sub>3</sub> )C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	H	(3,5)	44,9	275,5 <sup>P</sup>	42,0 <sup>P</sup>	601 <sup>P</sup>	478 <sup>P</sup>	351 <sup>P</sup>	1,3	10,2
			45,0	262,0	40,2 <sup>P</sup>	613 <sup>P</sup>	461 <sup>P</sup> 462 <sup>P</sup> 458 452	372 <sup>P</sup> 336 336	1,3	10,5
				260,0	45,2	595				
					44,4	605				
CH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	H	(3,5)	44,9	262,0	45,2	595	478 <sup>P</sup> 469 <sup>P</sup> 450 <sup>P</sup> 458 452	365 <sup>P</sup> 379 <sup>P</sup> 336 336	1,3	10,2
			45,0	260,0	44,4	605				
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	H	(4)	45,7	270,3 <sup>P</sup>	41,5 <sup>P</sup>	615 <sup>P</sup>	478 <sup>P</sup>	360 <sup>P</sup>	1,2	9,0
			45,8	272,4	42,4	603	448 <sup>P</sup> 464 <sup>P</sup> 474 <sup>P</sup> 472 466	381 <sup>P</sup> 343 343	1,2	9,4
				270,3	42,3	605				
CH(CH <sub>3</sub> )C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	H	(4,5)	46,5	296,2 <sup>P</sup>	37,2 <sup>P</sup>	620 <sup>P</sup>	501 <sup>P</sup>	365 <sup>P</sup>	1,1	8,1
			46,6	282,9	39,8	611	481 <sup>P</sup> 470 <sup>P</sup> 486 483	385 <sup>P</sup> 350 351	1,1	8,4
				280,6	39,4	612				
CH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> )C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	H	(4,5)	47,2 <sup>P</sup>	296,2 <sup>P</sup>	37,2 <sup>P</sup>	620 <sup>P</sup>	501 <sup>P</sup>	329 <sup>P</sup>	1,1	8,1
			46,5	282,9	39,8	611	456 <sup>P</sup> 470 <sup>P</sup> 469 <sup>P</sup> 486 483	368 <sup>P</sup> 383 <sup>P</sup> 350 351	1,1	8,4
			46,6	280,6	39,4	612				

Соединение			$H_{\text{пар}},$ кДж/ моль	$H_{\text{обр}},$ кДж/ моль	$P_{\text{кр}},$ атм	Температура, К			КПВ, % (об.)	
$R^1$	$R^2$	Номер (УУЦ)				$T_{\text{кр}}$	$T_{\text{кип}}$	$T_{\text{всп}}$	$C_{\text{н}}$	$C_{\text{в}}$
$(\text{CH}_2)_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	H	(4,5)	46,5	296,2 <sup>P</sup>	37,2 <sup>P</sup>	620 <sup>P</sup>	501 <sup>P</sup>	365 <sup>P</sup>	1,1	8,1
			<u>46,6</u>	282,9	39,8	611	478 <sup>P</sup>	386 <sup>P</sup>	1,1	8,4
				<u>280,6</u>	39,4	612	472 <sup>P</sup>	350		
						486	351			
						483				
$\text{C}_5\text{H}_{11}$	H	(5)	47,3	290,9 <sup>P</sup>	36,8 <sup>P</sup>	633 <sup>P</sup>	501 <sup>P</sup>	376 <sup>P</sup>	1,1	7,5
				293,4	37,3	619	484 <sup>P</sup>	405 <sup>P</sup>	1,0	8,1
				<u>292,7</u>	37,4	625	482 <sup>P</sup>	357		
						499	357			
						498				
$\text{CH}_3$	$\text{CH}_3$	13 (2)	41,3 <sup>P</sup>	232,4 <sup>P</sup>	55,2 <sup>P</sup>	552 <sup>P</sup>	389 <sup>P</sup>	297 <sup>P</sup>	1,8 <sup>P</sup>	14,9 <sup>P</sup>
			<u>42,6</u>	230,6	54,6	571	430 <sup>P</sup>	320 <sup>P</sup>	1,9	15,4
				<u>229,0</u>	55,1	572	425 <sup>P</sup>	358 <sup>P</sup>	1,9	16,2
						413	313			
						410				
$\text{C}_2\text{H}_5$	$\text{CH}_3$	14 (3)	43,2 <sup>P</sup>	253,1 <sup>P</sup>	48,0 <sup>P</sup>	575 <sup>P</sup>	406 <sup>P</sup>	307 <sup>P</sup>	1,4 <sup>P</sup>	11,5 <sup>P</sup>
			<u>44,2</u>	251,5	48,1	587	453 <sup>P</sup>	330 <sup>P</sup>	1,5	11,6
				<u>253,1</u>	47,9	585	430 <sup>P</sup>	373 <sup>P</sup>	1,5	12,2
						443	328			
						432				
$\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	$\text{CH}_3$	15 (3,5)	45,0	279,0 <sup>P</sup>	42,6 <sup>P</sup>	582 <sup>P</sup>	475 <sup>P</sup>	335 <sup>P</sup>	1,1 <sup>P</sup>	9,4 <sup>P</sup>
				262,0	45,2	595	443 <sup>P</sup>	388 <sup>P</sup>	1,3	10,2
				<u>263,4</u>	44,4	595	427 <sup>P</sup>	336	1,3	10,5
						458	336			
						452				
$\text{C}_2\text{H}_5$	$\text{C}_2\text{H}_5$	16 (4)	45,8	273,7 <sup>P</sup>	42,1 <sup>P</sup>	596 <sup>P</sup>	475 <sup>P</sup>	342 <sup>P</sup>	1,1 <sup>P</sup>	9,4 <sup>P</sup>
				272,4	42,4	603	442 <sup>P</sup>	388 <sup>P</sup>	1,2	9,0
				<u>273,8</u>	42,3	605	443 <sup>P</sup>	343	1,2	9,4
						472	343			
						466				
$\text{C}_3\text{H}_7$	$\text{CH}_3$	17 (4)	45,8	273,7 <sup>P</sup>	42,1 <sup>P</sup>	596 <sup>P</sup>	475 <sup>P</sup>	345 <sup>P</sup>	1,1 <sup>P</sup>	9,4 <sup>P</sup>
				272,4	42,4	603	443 <sup>P</sup>	388 <sup>P</sup>	1,2	9,0
				<u>273,8</u>	42,3	605	438 <sup>P</sup>	343	1,2	9,4
						472	343			
						466				
$\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	$\text{C}_2\text{H}_5$	18 (4,5)	46,6	299,6 <sup>P</sup>	37,7 <sup>P</sup>	602 <sup>P</sup>	498 <sup>P</sup>	348 <sup>P</sup>	1,0 <sup>P</sup>	7,3 <sup>P</sup>
				282,9	39,8	611	468 <sup>P</sup>	403 <sup>P</sup>	1,1	8,1
				<u>284,1</u>	39,4	606	446 <sup>P</sup>	350	1,1	8,4
						486	351			
						487				
$\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	$\text{CH}_3$	19 (4,5)	46,6	299,6 <sup>P</sup>	37,7 <sup>P</sup>	602 <sup>P</sup>	498 <sup>P</sup>	351 <sup>P</sup>	1,1	8,1
				282,9	39,8	611	451 <sup>P</sup>	403 <sup>P</sup>	1,1	8,4
				<u>284,1</u>	39,4	606	447 <sup>P</sup>	350		
						486	351			
						487				
$\text{CH}(\text{CH}_3)\text{C}_2\text{H}_5$	$\text{CH}_3$	20 (4,5)	46,6	282,9	39,8	611	474 <sup>P</sup>	351 <sup>P</sup>	1,1	8,1
				<u>284,1</u>	39,4	606	446 <sup>P</sup>	388 <sup>P</sup>	1,1	8,4
							486	350		
						487	351			
$\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	$\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	21 (5)		325,6 <sup>P</sup>	34,0 <sup>P</sup>	608 <sup>P</sup>	520 <sup>P</sup>	356 <sup>P</sup>	0,9 <sup>P</sup>	6,8 <sup>P</sup>
				293,4	37,3	619	446 <sup>P</sup>	418 <sup>P</sup>	1,1	7,5
				<u>294,4</u>	37,4	615	472 <sup>P</sup>	357	1,0	8,1
						499	357			
						498				

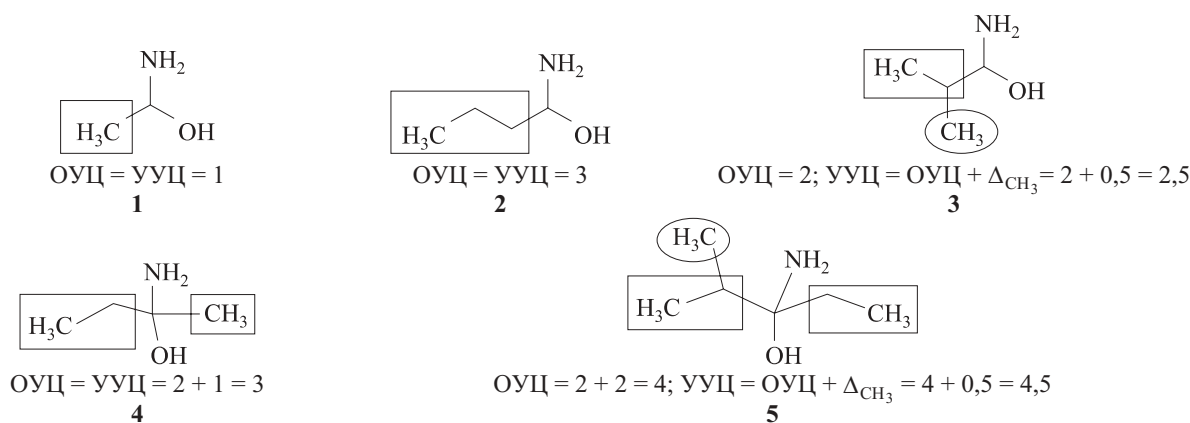
Соединение			$H_{\text{пар}},$ кДж/ моль	$H_{\text{обр}},$ кДж/ моль	$P_{\text{кр}},$ атм	Температура, К			КПВ, % (об.)	
$R^1$	$R^2$	Номер (УУЦ)				$T_{\text{кр}}$	$T_{\text{кип}}$	$T_{\text{всп}}$	$C_{\text{н}}$	$C_{\text{в}}$
$C_3H_7$	$C_2H_5$	<b>22</b> (5)		294,4 <sup>P</sup>	37,3 <sup>P</sup>	616 <sup>P</sup>	498 <sup>P</sup>	356 <sup>P</sup>	1,0 <sup>P</sup>	7,3 <sup>P</sup>
				293,4	37,3	619	451 <sup>P</sup>	403 <sup>P</sup>	1,1	7,5
				294,4	37,4	615	457 <sup>P</sup>	357	1,0	8,1
							499	357		
							498			
$C_4H_9$	$CH_3$	<b>23</b> (5)		294,4 <sup>P</sup>	37,3 <sup>P</sup>	616 <sup>P</sup>	498 <sup>P</sup>	403 <sup>P</sup>	1,1	7,5
				293,4	37,3	619	459 <sup>P</sup>	357	1,0	8,1
				294,4	37,4	615	455 <sup>P</sup>	357		
							499			
							498			
$CH(CH_3)_2$	$C_3H_7$	<b>24</b> (5,5)		320,3 <sup>P</sup>	33,6 <sup>P</sup>	622 <sup>P</sup>	521 <sup>P</sup>	360 <sup>P</sup>	0,9 <sup>P</sup>	6,8 <sup>P</sup>
				303,8	35,0	627	459 <sup>P</sup>	419 <sup>P</sup>	1,1	7,2
				304,7	35,3	625	470 <sup>P</sup>	364	0,95	7,1
							512	363		
							510			
$CH_2CH(CH_3)_2$	$C_2H_5$	<b>25</b> (5,5)		320,3 <sup>P</sup>	33,6 <sup>P</sup>	622 <sup>P</sup>	521 <sup>P</sup>	363 <sup>P</sup>	1,1	7,2
				303,8	35,0	627	468 <sup>P</sup>	419 <sup>P</sup>	0,95	7,1
				304,7	35,3	625	512	364		
							510	363		
$(CH_2)_2CH(CH_3)_2$	$CH_3$	<b>26</b> (5,5)		320,3 <sup>P</sup>	33,6 <sup>P</sup>	622 <sup>P</sup>	521 <sup>P</sup>	367 <sup>P</sup>	1,1	7,2
				303,8	35,0	627	468 <sup>P</sup>	419 <sup>P</sup>	0,95	7,1
				304,7	35,3	625	512	364		
							510	363		
$CH(CH_3)C_2H_5$	$C_2H_5$	<b>27</b> (5,5)		320,3 <sup>P</sup>	33,6 <sup>P</sup>	622 <sup>P</sup>	521 <sup>P</sup>	363 <sup>P</sup>	1,1	7,2
				303,8	35,0	627	487 <sup>P</sup>	419 <sup>P</sup>	0,95	7,1
				304,7	35,3	625	512	364		
							510	363		
$CH_2CH(CH_3)C_2H_5$	$CH_3$	<b>28</b> (5,5)		320,3 <sup>P</sup>	33,6 <sup>P</sup>	622 <sup>P</sup>	521 <sup>P</sup>	367 <sup>P</sup>	1,1	7,2
				303,8	35,0	627	487 <sup>P</sup>	419 <sup>P</sup>	0,95	7,1
				304,7	35,3	625	512	364		
							510	363		
$C_3H_7$	$C_3H_7$	<b>29</b> (6)		315,0 <sup>P</sup>	33,3 <sup>P</sup>	634 <sup>P</sup>	521 <sup>P</sup>	369 <sup>P</sup>	0,9 <sup>P</sup>	6,8 <sup>P</sup>
				314,3	32,9	636	471 <sup>P</sup>	419 <sup>P</sup>	1,1	7,1
				315,0	33,6	635	524	370	1,15	7,6
							521	370		
$C_4H_9$	$C_2H_5$	<b>30</b> (6)		315,0 <sup>P</sup>	33,3 <sup>P</sup>	635 <sup>P</sup>	521 <sup>P</sup>	371 <sup>P</sup>	1,1	7,1
				314,3	32,9	636	476 <sup>P</sup>	419 <sup>P</sup>	1,15	7,6
				315,0	33,6	635	524	370		
							521	370		
$C_5H_{11}$	$CH_3$	<b>31</b> (6)		315,0 <sup>P</sup>	33,3 <sup>P</sup>	635 <sup>P</sup>	521 <sup>P</sup>	376 <sup>P</sup>	1,1	7,1
				314,3	32,9	636	476 <sup>P</sup>	419 <sup>P</sup>	1,15	7,6
				315,0	33,6	635	524	370		
							521	370		
$C_4H_9$	$C_3H_7$	<b>32</b> (7)		335,6 <sup>P</sup>	29,9 <sup>P</sup>	653 <sup>P</sup>	544 <sup>P</sup>	384 <sup>P</sup>	1,3	7,9
				335,2	29,2	652	489 <sup>P</sup>	434 <sup>P</sup>	1,35	8,4
				335,7	30,1	652	548	383		
							544	409		
$C_5H_{11}$	$C_2H_5$	<b>33</b> (7)		335,6 <sup>P</sup>	29,9 <sup>P</sup>	653 <sup>P</sup>	544 <sup>P</sup>	387 <sup>P</sup>	1,3	7,9
				335,2	29,2	652	496 <sup>P</sup>	434 <sup>P</sup>	1,35	8,4
				335,7	30,1	652	548	383		
							544	409		
$C_6H_{13}$	$CH_3$	<b>34</b> (7)		335,6 <sup>P</sup>	29,9 <sup>P</sup>	653 <sup>P</sup>	544 <sup>P</sup>	393 <sup>P</sup>	1,3	7,9
				335,2	29,2	652	496 <sup>P</sup>	434 <sup>P</sup>	1,35	8,4
				335,7	30,1	652	548	383		
							544	409		



Соединение			$H_{\text{пар}},$ кДж/ моль	$H_{\text{обр}},$ кДж/ моль	$P_{\text{кр}},$ атм	Температура, К			КПВ, % (об.)	
$R^1$	$R^2$	Номер (УУЦ)				$T_{\text{кр}}$	$T_{\text{кип}}$	$T_{\text{всп}}$	$C_{\text{н}}$	$C_{\text{в}}$
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	<b>35</b> (8)		356,3 <sup>p</sup>	26,9 <sup>p</sup>	669 <sup>p</sup>	567 <sup>p</sup>	449 <sup>p</sup>	1,6	9,8
				<u>356,1</u>	<u>26,1</u>	<u>668</u>	<b>495<sup>p</sup></b>	<u>395</u>	<u>1,65</u>	<u>10,4</u>
				<u>356,3</u>	<u>27,1</u>	<u>669</u>	<u>571</u>	<u>424</u>		
C <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	<b>36</b> (8)		356,3 <sup>p</sup>	26,9 <sup>p</sup>	669 <sup>p</sup>	567 <sup>p</sup>	449 <sup>p</sup>	1,6	9,8
				<u>356,1</u>	<u>26,1</u>	<u>668</u>	<b>509<sup>p</sup></b>	<u>395</u>	<u>1,65</u>	<u>10,4</u>
				<u>356,3</u>	<u>27,1</u>	<u>669</u>	<u>571</u>	<u>424</u>		
C <sub>6</sub> H <sub>13</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	<b>37</b> (8)		356,3 <sup>p</sup>	26,9 <sup>p</sup>	669 <sup>p</sup>	567 <sup>p</sup>	449 <sup>p</sup>	1,6	9,8
				<u>356,1</u>	<u>26,1</u>	<u>668</u>	<b>517<sup>p</sup></b>	<u>395</u>	<u>1,65</u>	<u>10,4</u>
				<u>356,3</u>	<u>27,1</u>	<u>669</u>	<u>571</u>	<u>424</u>		
C <sub>7</sub> H <sub>15</sub>	CH <sub>3</sub>	<b>38</b> (8)		356,3 <sup>p</sup>	26,9 <sup>p</sup>	669 <sup>p</sup>	567 <sup>p</sup>	449 <sup>p</sup>	1,6	9,8
				<u>356,1</u>	<u>26,1</u>	<u>668</u>	<b>517<sup>p</sup></b>	<u>395</u>	<u>1,65</u>	<u>10,4</u>
				<u>356,3</u>	<u>27,1</u>	<u>669</u>	<u>571</u>	<u>424</u>		
C <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	<b>39</b> (9)		376,9 <sup>p</sup>	24,4 <sup>p</sup>	685 <sup>p</sup>	590 <sup>p</sup>	465 <sup>p</sup>	2,0	12,9
				<u>377,0</u>	<u>23,8</u>	<u>684</u>	<b>513<sup>p</sup></b>	<u>406</u>	<u>2,1</u>	<u>13,4</u>
				<u>377,0</u>	<u>24,6</u>	<u>684</u>	<u>591</u>	<u>465</u>		
C <sub>6</sub> H <sub>13</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	<b>40</b> (9)		376,9 <sup>p</sup>	24,4 <sup>p</sup>	685 <sup>p</sup>	590 <sup>p</sup>	465 <sup>p</sup>	2,0	12,9
				<u>377,0</u>	<u>23,8</u>	<u>684</u>	<b>532<sup>p</sup></b>	<u>406</u>	<u>2,1</u>	<u>13,4</u>
				<u>377,0</u>	<u>24,6</u>	<u>684</u>	<u>591</u>	<u>465</u>		
C <sub>7</sub> H <sub>15</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	<b>41</b> (9)		376,9 <sup>p</sup>	24,4 <sup>p</sup>	685 <sup>p</sup>	590 <sup>p</sup>	465 <sup>p</sup>	2,0	12,9
				<u>377,0</u>	<u>23,8</u>	<u>684</u>	<b>538<sup>p</sup></b>	<u>406</u>	<u>2,1</u>	<u>13,4</u>
				<u>377,0</u>	<u>24,6</u>	<u>684</u>	<u>591</u>	<u>465</u>		
C <sub>8</sub> H <sub>17</sub>	CH <sub>3</sub>	<b>42</b> (9)		376,9 <sup>p</sup>	24,4 <sup>p</sup>	685 <sup>p</sup>	590 <sup>p</sup>	465 <sup>p</sup>	2,0	12,9
				<u>377,0</u>	<u>23,8</u>	<u>684</u>	<b>538<sup>p</sup></b>	<u>406</u>	<u>2,1</u>	<u>13,4</u>
				<u>377,0</u>	<u>24,6</u>	<u>684</u>	<u>591</u>	<u>465</u>		
C <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	<b>43</b> (10)		397,6 <sup>p</sup>	22,3 <sup>p</sup>	699 <sup>p</sup>	613 <sup>p</sup>	480 <sup>p</sup>	2,6	17,1
				<u>398,0</u>	<u>22,1</u>	<u>700,3</u>	<b>530<sup>p</sup></b>	<u>417</u>		
							<u>610</u>			
C <sub>6</sub> H <sub>13</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	<b>44</b> (10)		397,6 <sup>p</sup>	22,3 <sup>p</sup>	699 <sup>p</sup>	613 <sup>p</sup>	480 <sup>p</sup>	2,6	17,1
				<u>398,0</u>	<u>22,1</u>	<u>700,3</u>	<b>530<sup>p</sup></b>	<u>417</u>		
							<u>610</u>			
C <sub>7</sub> H <sub>15</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	<b>45</b> (10)		397,6 <sup>p</sup>	22,3 <sup>p</sup>	699 <sup>p</sup>	613 <sup>p</sup>	480 <sup>p</sup>	2,6	17,1
				<u>398,0</u>	<u>22,1</u>	<u>700,3</u>	<b>530<sup>p</sup></b>	<u>417</u>		
							<u>610</u>			
C <sub>8</sub> H <sub>17</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	<b>46</b> (10)		397,6 <sup>p</sup>	22,3 <sup>p</sup>	699 <sup>p</sup>	613 <sup>p</sup>	480 <sup>p</sup>	2,6	17,1
				<u>398,0</u>	<u>22,1</u>	<u>700,3</u>	<b>559<sup>p</sup></b>	<u>417</u>		
							<u>610</u>			
C <sub>9</sub> H <sub>19</sub>	CH <sub>3</sub>	<b>47</b> (10)		397,6 <sup>p</sup>	22,3 <sup>p</sup>	699 <sup>p</sup>	613 <sup>p</sup>	480 <sup>p</sup>	2,6	17,1
				<u>398,0</u>	<u>22,1</u>	<u>700,3</u>	<b>559<sup>p</sup></b>	<u>417</u>		
							<u>610</u>			

Примечания:

1. Символом "p" обозначены данные, рассчитанные с помощью известных методов или взятые из справочной литературы.
2. Курсивом выделены значения, предсказанные по формулам (1)–(8), курсивом с подчеркиванием — по правилу углеродной цепи.
3. Жирным шрифтом выделены сомнительные значения, которые не учитывались при выводе уравнений (1)–(8).



**Рис. 2.** Примеры определения ОУЦ и УУЦ в производных аминметанола 1-го и 2-го типов:  $\Delta_{\text{CH}_3}$  — вклад бокового метильного заместителя

**Таблица 2.** Уравнения для прогнозирования физико-химических и пожароопасных свойств производных аминметанола

Показатель	Уравнение	Номер	$r^2$	Область применения
$H_{\text{пар}}$ , кДж/моль	$H_{\text{пар}} = 1,55N_C + 37,95$	1	0,9969	$2 \leq N_C \leq 6$ (только для 1-го типа)
$H_{\text{обр}}$ , кДж/моль	$H_{\text{обр}} = 20,92N_C + 167,83$	2	0,9997	$2 \leq N_C \leq 11$
$P_{\text{кр}}$ , атм	$P_{\text{кр}} = 0,34N_C^2 - 8,82N_C + 77,98$	3	0,9982	$2 \leq N_C \leq 11$
$T_{\text{кр}}$ , К	$T_{\text{кр}} = 16,21N_C + 538,2$	4	0,9923	$2 \leq N_C \leq 11$
$T_{\text{кип}}$ , К	$T_{\text{кип}} = 0,81N_C^2 + 34,39N_C + 347,19$	5	0,9918	$2 \leq N_C \leq 11$
$T_{\text{всп}}$ , К	$T_{\text{всп}} = 0,34N_C^2 + 17,08N_C + 279,98$	6	0,9965	$2 \leq N_C \leq 11$
$C_{\text{н}}$ , % (об.)	$C_{\text{н}} = 0,07N_C^2 - 0,89N_C + 3,91$	7	0,9992	$2 \leq N_C \leq 11$
$C_{\text{в}}$ , % (об.)	$C_{\text{в}} = 0,57N_C^2 - 7,77N_C + 33,6$	8	0,9917	$2 \leq N_C \leq 11$

Отличие аминметанолов 2-го типа от кетонов и сложных эфиров [13–16] заключается в том, что в настоящем случае атом углерода функциональной группы Ф ( $\text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{OH}$ ) при расчете ОУЦ и УУЦ не учитывается. Примеры определения ОУЦ и УУЦ аминметанолов 1-го и 2-го типов представлены на рис. 2, на котором ОУЦ выделена прямоугольником, а боковые заместители — овалом.

В табл. 1 приведены литературные [3–7] и расчетные значения показателей физико-химических и пожароопасных свойств производных аминметанола, полученные с помощью известных методов ACD/Labs, HSPiP (версия 4), ChemBioOffice 2012 и ГОСТ 12.1.044–89\* [8–11]. В результате обработки этих данных выведены эмпирические уравнения (1)–(8) для прогнозирования теплот образования  $H_{\text{обр}}$  и парообразования  $H_{\text{пар}}$ , критической температуры

$T_{\text{кр}}$ , критического давления  $P_{\text{кр}}$ , температур кипения  $T_{\text{кип}}$  и вспышки  $T_{\text{всп}}$ , концентрационных пределов воспламенения — нижнего  $C_{\text{н}}$  и верхнего  $C_{\text{в}}$  (табл. 2).

Прогнозы свойств дизамещенных аминметанолов по формулам (1)–(8) (см. табл. 2) и правилу углеродной цепи [1–16] дают удовлетворительные результаты.

В заключение отметим, что в результате проведенного исследования предложены эмпирические уравнения, позволяющие прогнозировать физико-химические и пожароопасные свойства производных аминметанола; продемонстрировано действие правила углеродной цепи и свойства функциональных групп для подобных соединений, а также проведен сравнительный анализ расчетных значений, полученных с помощью известных программных комплексов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев С. Г., Кошелев А. Ю., Барбин Н. М. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. XVI.  $\alpha, \omega$ -аминоспирты // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 12. — С. 13–19.
2. Алексеев С. Г., Мавлютова Л. К., Кошелев А. Ю., Алексеев К. С., Барбин Н. М. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. XII. Алкилбензолы и диалкилбензолы // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 6. — С. 38–46.

3. Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С., Орлов С. А. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. I. Алканолаы // Пожаровзрывобезопасность. — 2010. — Т. 19, № 5. — С. 23–30.
4. Алексеев К. С., Барбин Н. М., Алексеев С. Г. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. V. Карбоновые кислоты // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 7. — С. 35–46.
5. Алексеев К. С., Барбин Н. М., Алексеев С. Г. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. VI. Альдегиды // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 9. — С. 29–37.
6. Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Смирнов В. В. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. VII. Нитроалканы // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 12. — С. 22–24.
7. Смирнов В. В., Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Животинская Л. О. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. IX. Хлоралканы // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 4. — С. 13–21.
8. Смирнов В. В., Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Калач А. В. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. XI. Галогеналканы // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 8. — С. 25–37.
9. Смирнов В. В., Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Животинская Л. О. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. XIII. Тиоспирты // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 8. — С. 15–25.
10. Смирнов В. В., Алексеев С. Г., Барбин Н. М. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. XIV. Алкиламины // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 9. — С. 27–37.
11. Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С., Орлов С. А. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. IV. Простые эфиры // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 9. — С. 9–16.
12. Смирнов В. В., Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Животинская Л. О. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. XV. Тиозэфиры // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 11. — С. 24–33.
13. Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С., Орлов С. А. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. II. Кетоны (часть 1) // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 6. — С. 8–15.
14. Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Алексеев К. С., Орлов С. А. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. III. Кетоны (часть 2) // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 7. — С. 8–13.
15. Алексеев С. Г., Алексеев К. С., Барбин Н. М. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. VIII. Сложные эфиры (часть 1) // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 1. — С. 31–57.
16. Алексеев С. Г., Алексеев К. С., Животинская Л. О., Барбин Н. М. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. X. Сложные эфиры (часть 2) // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 5. — С. 9–19.
17. Сайт компании Sigma-Aldrich. URL : <http://www.sigmaaldrich.com/catalog> (дата обращения: 05–07.12.2013).
18. База данных университета Akron. URL : <http://ull.chemistry.uakron.edu/erd> (дата обращения: 08–10.12.2013).
19. Chemical Database DIPPR 801 (Brigham Young University). URL : <http://www.aiche.org/dippr> (дата обращения: 11–13.12.2013).
20. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения : справочник : в 2 ч. — М. : Пожнаука, 2004. — Ч. 1. — 713 с.
21. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения : справочник : в 2 ч. — М. : Пожнаука, 2004. — Ч. 2. — 774 с.
22. База данных “ChemSpider”. URL : <http://www.chemspider.com> (дата обращения: 15–17.03.2014).
23. HSPiP (версия 4). URL : <http://www.piri-ka.com/ENG/TCPE/index.html> (дата обращения: 01–10.01.2014).
24. Сайт компании Perkin-Elmer. URL : [http://www.cambridgesoft.com/Ensemble\\_for\\_Chemistry/ChemBioOffice/Default.aspx](http://www.cambridgesoft.com/Ensemble_for_Chemistry/ChemBioOffice/Default.aspx) (дата обращения: 10.02.2014).
25. ГОСТ 12.1.044–89\*. ССБТ. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. Доступ из сборника НСИС ПБ. — 2013. — № 1 (50).

Материал поступил в редакцию 29 июля 2014 г.

## CORRELATION OF FIRE HAZARD CHARACTERISTICS WITH CHEMICAL STRUCTURE.

### XVIII. ALKYL DERIVATIVES AMINOETHANOL

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

**KOSHELEV A. Yu.**, Senior Lecturer of Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation); Postgraduate Student of Science and Engineering Centre "Reliability and Safety of Large Systems" of Ural Branch of Russian Academy of Sciences (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: Alekshlev@mail.ru)

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

#### ABSTRACT

It is performed QSPR research in number of alkyl derivatives aminoethanol. It is shown possibility of applying the carbon rule for prediction physicochemical and fire-dangerous properties of aminoalcohols. Empirical relationships for prediction heat of vaporization ( $H_v$ ), heat of formation ( $H_f$ ), critical pressure ( $P_c$ ), critical temperature ( $T_c$ ), boiling point and flash point, lower and upper flammability limits (LFL, UFL) are found depending on number of carbon atoms ( $N_C$ ):  $H_v = 1,55N_C + 37,95$  ( $2 \leq N_C \leq 6$  — 1<sup>st</sup> type);  $H_f = 20,92N_C + 167,83$  ( $2 \leq N_C \leq 11$ );  $P_c = 0,34N_C^2 - 8,82N_C + 77,98$  ( $2 \leq N_C \leq 11$ );  $T_c = 16,21N_C + 538,2$  ( $2 \leq N_C \leq 11$ );  $TB = 0,81N_C^2 + 34,39N_C + 347,19$  ( $2 \leq N_C \leq 11$ );  $FP = 0,34N_C^2 + 17,08N_C + 279,98$  ( $2 \leq N_C \leq 11$ );  $LFL = 0,07N_C^2 - 0,89N_C + 3,91$  ( $2 \leq N_C \leq 11$ );  $UFL = 0,57N_C^2 - 7,77N_C + 33,6$  ( $2 \leq N_C \leq 11$ ). Flash point values of alkyl derivatives aminoethanol calculated by the ACD/Labs, HSPiP, ChemBioOffice 2012, Interstate standard 12.1.044–89\* method.

**Keywords:** aminoethanol; indicator; flash point; dependence; predict; chemoinformatics.

#### REFERENCES

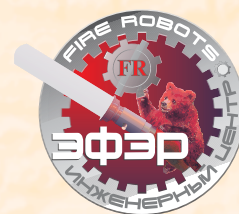
- Alexeev S. G., Koshelev A. Yu., Barbin N. M. Svyaz pokazateley pozharnoy opasnosti s khimicheskim stroyeniym. XVI.  $\alpha,\omega$ -Alkanolaminy [Correlation of fire hazard characteristics with chemical structure. XVI.  $\alpha,\omega$ -Alkanolamines]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 12, pp. 13–19.
- Alexeev S. G., Mavlyutova L. K., Koshelev A. Yu., Alexeev K. S., Barbin N. M. Svyaz pokazateley pozharnoy opasnosti s khimicheskim stroyeniym. XII. Alkilbenzoly i dialkilbenzoly [Correlation of fire hazard characteristics with chemical structure. XII. Alkyl benzenes and dialkyl benzenes]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 6, pp. 38–46.
- Alexeev S. G., Barbin N. M., Alexeev K. S., Orlov S. A. Svyaz pokazateley pozharnoy opasnosti s khimicheskim stroyeniym. I. Alkanoly [Correlation of fire hazard indices with chemical structure. I. Alcohols]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2010, vol. 19, no. 5, pp. 23–30.
- Alexeev K. S., Barbin N. M., Alexeev S. G. Svyaz pokazateley pozharnoy opasnosti s khimicheskim stroyeniym. V. Karbonovyye kisloty [Correlation of fire hazard characteristics with chemical structure. V. Carboxylic acids]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 7, pp. 35–46.
- Alexeev K. S., Barbin N. M., Alexeev S. G. Svyaz pokazateley pozharnoy opasnosti s khimicheskim stroyeniym. VI. Aldegidy [Correlation of fire hazard characteristics with chemical structure. VI. Aldehydes]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 9, pp. 29–37.
- Alexeev S. G., Barbin N. M., Smirnov V. V. Svyaz pokazateley pozharnoy opasnosti s khimicheskim stroyeniym. VII. Nitroalkany [Correlation of fire hazard characteristics with chemical structure. VII. Nitroalkanes]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 12, pp. 22–24.



7. Smirnov V. V., Alexeev S. G., Barbin N. M., Zhivotinskaya L. O. Svyaz pokazateley pozharной opasnosti s khimicheskim stroeyeniym. IX. Khloral'kany (chast 2) [Correlation of fire hazard characteristics with chemical structure. IX. Chloroalkanes (part 2)]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 22, no. 4, pp. 13–21.
8. Smirnov V. V., Alexeev S. G., Barbin N. M., Kalach A. V. Svyaz pokazateley pozharной opasnosti s khimicheskim stroeyeniym. XI. Galogenalkany [Correlation of fire hazard characteristics with chemical structure. XI. Haloalkanes]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 8, pp. 25–37.
9. Smirnov V. V., Alexeev S. G., Barbin N. M., Zhivotinskaya L. O. Svyaz pokazateley pozharной opasnosti s khimicheskim stroeyeniym. XIII. Tiospirty [Correlation of fire hazard characteristics with chemical structure. XIII. Alkylthiols]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 8, pp. 15–25.
10. Smirnov V. V., Alexeev S. G., Barbin N. M. Svyaz pokazateley pozharной opasnosti s khimicheskim stroeyeniym. XIV. Alkilaminy [Correlation of fire hazard characteristics with chemical structure. XIV. Alkylamines]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 9, pp. 27–37.
11. Alexeev S. G., Barbin N. M., Alexeev K. S., Orlov S. A. Svyaz pokazateley pozharной opasnosti s khimicheskim stroeyeniym. IV. Prostyye efiry [Correlation of fire hazard indices with chemical structure. IV. Ethers]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 9, pp. 9–16.
12. Smirnov V. V., Alexeev S. G., Barbin N. M., Zhivotinskaya L. O. Svyaz pokazateley pozharной opasnosti s khimicheskim stroeyeniym. XV. Tioefiry [Correlation of fire hazard characteristics with chemical structure. XV. Thioethers]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 11, pp. 24–33.
13. Alexeev S. G., Barbin N. M., Alexeev K. S., Orlov S. A. Svyaz pokazateley pozharной opasnosti s khimicheskim stroeyeniym. II. Ketony (chast 1) [Correlation of fire hazard indices with chemical structure. II. Ketones (part 1)]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 6, pp. 8–15.
14. Alexeev S. G., Barbin N. M., Alexeev K. S., Orlov S. A. Svyaz pokazateley pozharной opasnosti s khimicheskim stroeyeniym. III. Ketony (chast 2) [Correlation of fire hazard indices with chemical structure. III. Ketones (part 2)]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 7, pp. 8–13.
15. Alexeev S. G., Alexeev K. S., Barbin N. M. Svyaz pokazateley pozharной opasnosti s khimicheskim stroeyeniym. VIII. Slozhnyye efiry (chast 1) [Correlation of fire hazard characteristics with chemical structure. VIII. Esters (part 1)]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 22, no. 1, pp. 31–57.
16. Alexeev S. G., Alexeev K. S., Zhivotinskaya L. O., Barbin N. M. Svyaz pokazateley pozharной opasnosti s khimicheskim stroeyeniym. X. Slozhnyye efiry (chast 2) [Correlation of fire hazard characteristics with chemical structure. X. Esters (part 2)]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 22, no. 5, pp. 9–19.
17. Sigma-Aldrich database. Available at: <http://www.sigma-aldrich.com/catalog> (Accessed 5–7 December 2013).
18. Akron University database. Available at: <http://ull.chemistry.uakron.edu/erd> (Accessed 8–10 December 2013).
19. Chemical Database DIPPR 801. Available at: <http://www.aiche.org/dippr> (Accessed 11–13 December 2013).
20. Korolchenko A. Ya., Korolchenko D. A. *Pozharovzryvopasnost veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya: spravochnik* [Fire and explosive hazard of compounds and materials, and their fire extinguishing means. Handbook]. Moscow, Pozhnauka Publ., 2004, vol. 1. 713 p.
21. Korolchenko A. Ya., Korolchenko D. A. *Pozharovzryvopasnost veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya: spravochnik* [Fire and explosive hazard of compounds and materials, and their fire extinguishing means. Handbook]. Moscow, Pozhnauka Publ., 2004, vol. 2. 774 p.
22. ChemSpider database. Available at: <http://www.chemspider.com> (Accessed 15–17 March 2014).
23. HSPiP (version 4). Available at: <http://www.piri-ka.com/ENG/TCPE/index.html> (Accessed 1–10 January 2014).
24. Perkin-Elmer. Available at: [http://www.cambridgesoft.com/Ensemble\\_for\\_Chemistry/ChemBioOffice/Default.aspx](http://www.cambridgesoft.com/Ensemble_for_Chemistry/ChemBioOffice/Default.aspx) (Accessed 10 February 2014).
25. Interstate standard 12.1.044–89\*. Occupational safety standards system. Fire and explosion hazard of substances and materials. Nomenclature of indices and methods of their determination. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1989; IPK Izdatelstvo standartov, 1996, 2001. Available at: NSIS PB, 2012, no. 2 (48) (in Russian).

## ЗАО “Инженерный центр “ЭФЭР” пожарной робототехники

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



# ПОЖАРНЫЕ РОБОТЫ — НОВЫЙ ГЛОБАЛЬНЫЙ ПРОДУКТ в системе пожарной безопасности\*

**Е**жедневно в мире возникает около 10 млн. пожаров, которые уносят десятки тысяч жизней и миллиарды долларов материальных ценностей. Более того, наблюдается тенденция к возрастанию пожарной опасности в связи с увеличением населения земли, производственных мощностей и энергопотребления. В связи с этим обеспечение пожарной безопасности является важнейшей функцией каждого государства.

Одно из самых действенных средств борьбы с пожарами — автоматические установки пожаротушения, которые приводятся в действие по объективным показаниям и обеспечивают пожаротушение без участия человека. Наибольшее распространение получили спринклерные системы, включающие в себя оросительные головки с тепловыми замками, вмонтированными в распределительные водозаполненные трубы, образующие сеть орошения (аналогично квадратно-гнездовому способу орошения — checkrow net). При срабатывании теплового замка от очага возгорания спринклер включается в работу, орошая распыленной водой площадь порядка 12 м<sup>2</sup>. Конструкция этого устройства оказалась столь проста и надежна, что спринклеры находят массовое применение практически на всех пожароопасных объектах: во всем мире их установлено около 1 млрд. По этой же причине эти устройства с XIX века до наших дней не претерпели значительных изменений, оставшись в стороне от преобразований в электронной и компьютерной технике.

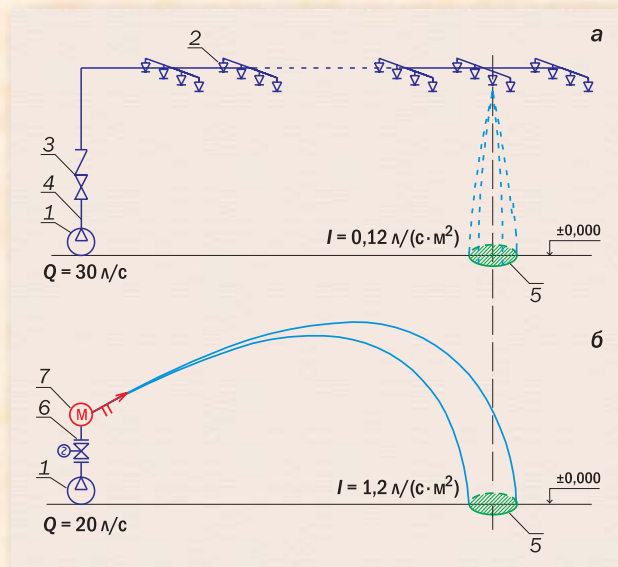
Новые подходы в технологии пожаротушения, основанные на применении пожарных роботов (ПР), воплотивших в себе последние достижения науки и техники, значительно расширили технические возможности автоматических установок пожаротушения. Пожарный робот посредством гидромонитора формирует струи распыленной воды, подаваемые на значительные расстояния в зону очага возгорания. Конструкция ПР позволяет изменять направление струи в диапазоне 360° по горизонтали и 180° по вертикали, охватывая все окружающее пространство в радиусе ее действия.

Угол распыления струи также может меняться от 0 до 90°, при этом создается целый спектр струй. Площадь, защищаемая самым небольшим пожарным роботом с расходом 20 л/с и дальностью подачи струи 50 м, составляет 7500 м<sup>2</sup> ( $\pi R^2 = \pi \cdot 50^2$ ). Весь расход огнетушащего вещества может быть направлен на очаг возгорания и обеспечивать интенсивность орошения более 1,2 л/(с·м<sup>2</sup>) на площади 12 м<sup>2</sup>. Такая высокая интенсивность позволяет быстро подавлять огонь в ранней стадии развития пожара. В спринклерных системах для защиты площади 7500 м<sup>2</sup> потребовалось бы около 650 оросителей и 3 км труб. Несмотря на то что максимальный расход для спринклерных систем определен из расчета срабатывания 10 оросителей на площади 120 м<sup>2</sup>, они могут создавать только фиксированную интенсивность орошения. Так, в помещениях с пожарной нагрузкой до 1400 МДж/м<sup>2</sup> при нормируемом расходе спринклерной установки 30 л/с принимается нормируемая интенсивность 0,12 л/(с·м<sup>2</sup>). Более высокую интенсивность спринклерная установка в силу своей конструкции обеспечить не может. Пожарный робот, имея даже меньшие ресурсы, способен на главном направлении создать подавляющую огонь водопенную атаку, по интенсивности десятикратно превышающую спринклерные системы. Вместе с тем пожарный робот может путем строчного сканирования струи орошать большие площади в пределах очага возгорания (включая 120 м<sup>2</sup>) с интенсивностью не менее 0,12 л/(с·м<sup>2</sup>). На рис. 1 представлены схемы спринклерной и роботизированной установок пожаротушения (РУП).

Сравнительная оценка технологических показателей двух систем, отличающихся на порядок, показывает, что в новых системах для защиты объектов больших производственных площадей заложены значительные возможности: формирование направленного потока огнетушащего вещества высокой интенсивности и подача его на большие расстояния; быстрое тушение очагов в ранней стадии развития пожара; возможность пожаротушения в 3D-формате всего защищаемого пространства, включая вертикальные поверхности; автоматическое прекращение пожаротушения при ликвидации горения. При этом тушение проводится с одной точки по всей защищаемой зоне, что позво-

\* Данная статья продолжает серию статей “Пожарные роботы и стволовая пожарная техника в пожарной автоматике и пожарной охране”, опубликованных в № 4, 5, 8, 10 и 12 за 2014 г.



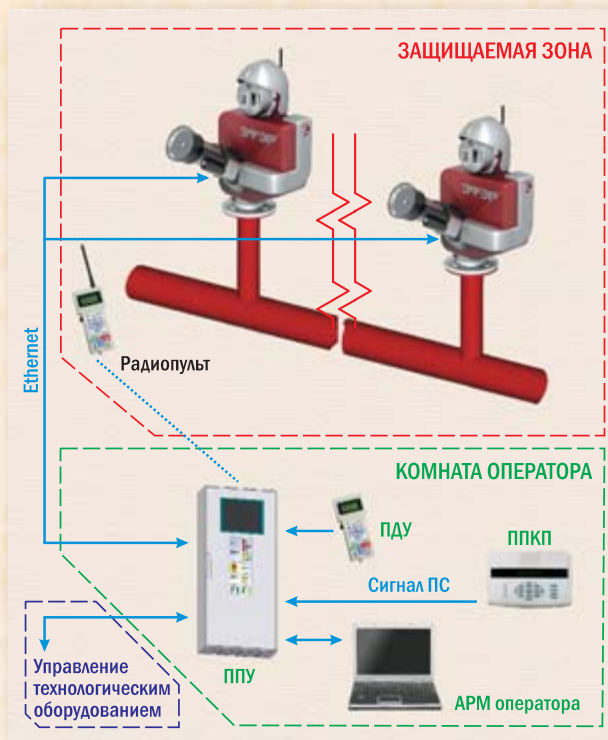


**Рис. 1.** Схемы спринклерной (а) и роботизированной (б) установок пожаротушения: 1 – водопитатель; 2 – ороситель; 3 – узел управления; 4 – подводящий трубопровод; 5 – защищаемый участок,  $S = 12 \text{ м}^2$ ; 6 – задвижка с электроприводом; 7 – пожарный робот

ляет сэкономить много километров распределительных труб и сотни оросителей. Бурное развитие электроники и информационных технологий в наступившем XXI веке, а также значительное снижение их стоимости в соотношении с “железом” и рациональное расходование ресурсов определяют существенные технические и экономические преимущества роботизированных систем. Такие достижения, как системы “технического зрения” и промышленные контроллеры, позволили обеспечить пожарные роботы важными инструментами для реализации высоких технических показателей: системой определения координат загорания в трехмерных координатах как в видимом, так и в ИК-диапазонах, а также системой наведения струи на очаг возгорания с учетом баллистики струй.

На рис. 2 представлена функциональная схема РУП с оптоволоконной сетью управления в стандарте передачи данных Ethernet. В состав РУП входят стационарные пожарные роботы и устройства управления. Рабочим органом пожарных роботов являются стволы-автоматы, снабженные приводами вертикального и горизонтального наведения и регулирования формы струи. Рабочая зона действия робота – все окружающее пространство в радиусе действия струи (до 85 м). В головной части расположен интеллектуальный детектор пламени, работающий как в видимом, так и в ИК-диапазоне с системой обработки информации для идентификации загорания и определения координат загорания.

Управление РУП организовано через пожарный прибор управления (ППУ). В автоматическом режиме ППУ при срабатывании извещателей пожарной сигнализации (ПС) по сигналу от прибора приемно-контрольного пожарного (ППКП) запускает РУП по сети Ethernet.

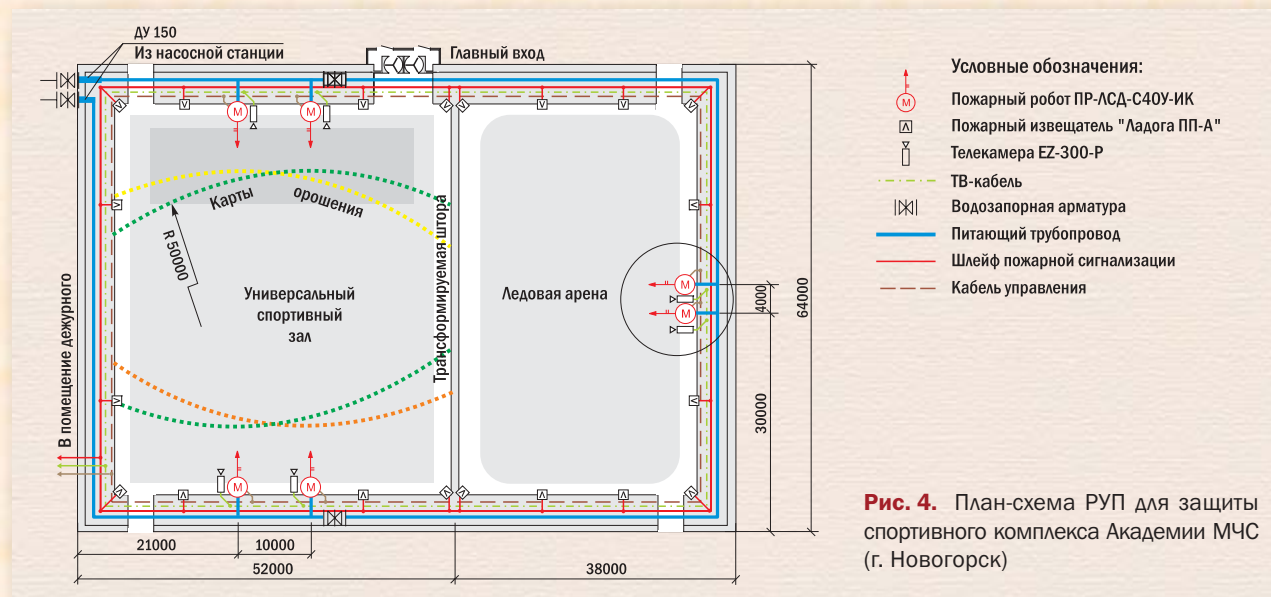


**Рис. 2.** Функциональная схема РУП

ППУ формирует также управляющие сигналы на технологическое оборудование (запуск насосной, системы дымоудаления, отключение вентиляции). Руководитель тушения пожара может взять на себя управление РУП через ППУ, дистанционный пульт управления (ПДУ) или радиопульт, переведя систему в дистанционный режим. АРМ оператора служит для отладки системы и введения данных по конфигурации объекта.



**Рис. 3.** План-схема пожаротушения РУП



На рис. 3 показана план-схема пожаротушения РУП. Определение координат очага возгорания производится с двух точек наблюдения от двух пожарных роботов. Это обеспечивает получение данных о координатах в пространстве в трехмерной системе координат, включая размеры очага по высоте и ширине, расстояние до очага, что, в свою очередь, дает возможность выбрать нужный угол возвышения ствола и программу пожаротушения по размерам очага. Для управления в дистанционном режиме предусмотрена телевизионная камера (ТК), оснащенная “техническим зрением” и специальным программным приложением, что позволяет также идентифицировать струю и ее положение в пространстве (патент на изобретение 2433847\*). Все это дает возможность с высоким быстродействием и повышенной точностью наводить струю на очаг пожара и эффективно производить пожаротушение непосредственно по его площади. На ближних расстояниях принимается угол распыления до 30°, обеспечивающий мягкую подачу распыленной воды, что существенно, например, при тушении нефтепродуктов, поскольку подача в этом случае сильной струи приводит к барботажу и усилению горения.

Роботизированные установки рекомендуется использовать:

- для всех пожароопасных объектов площадью более 1000 м<sup>2</sup>;

\* Патент 2433847 Российская Федерация. МПК А62С 31/00, Роботизированный пожарный комплекс с системой технического зрения / Горбань Ю. И. — № 2010124776/12; заявл. 16.06.2010, опубл. 20.11.2011, Бюл. № 32.

- для высокопролетных зданий и сооружений (ангары для самолетов, производственные цеха, спортивные комплексы и места с массовым пребыванием людей);
- для наружных объектов (резервуарные парки нефтепродуктов и сжиженных газов, нефтяные терминалы и причалы, вертодромы и др.);
- для охлаждения металлоконструкций перекрытий пожароопасных производств (машинные залы ТЭЦ, АЭС, ГРЭС).

На рис. 4 приведена план-схема РУП для защиты универсального спортивного комплекса Академии МЧС (г. Новогорск).

В наш век компьютерных технологий приоритет должен быть за интеллектуальными системами, реагирующими на реальное развитие событий, обладающими функциями саморегулирования и гибкостью перепрограммирования. Благодаря значительным эволюционным изменениям в технике, снижению стоимости электронных устройств до доступных потребительских цен пожарные роботы становятся новым массовым продуктом пожарной автоматики, решающим задачи обеспечения пожарной безопасности во всех сферах деятельности человека. Пожарная команда, усиленная пожарными роботами — железными огнеборцами, представляет собой сборную пожарную команду XXI века, в которой объединены достижения пожарной охраны и пожарной автоматики. Такая команда значительно повышает эффективность технических средств, применяемых на пожарах. Наличие в ее составе пожарных роботов облегчит и сделает более безопасной работу, выполняемую человеком в экстремальных условиях.

**© Ю. И. ГОРБАНЬ,**

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

**© Е. А. СИНЕЛЬНИКОВА,**

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





Системы видеонаблюдения



Охранно-пожарные системы



Системы контроля доступа



Шлагбаумы и автоматика ворот



Кабели и проводники



Вспомогательное оборудование

ПОКУПАЙ ДЕШЕВЛЕ

**А. О. ЖДАНОВА**, аспирант кафедры автоматизации теплоэнергетических процессов, Энергетический институт Национального исследовательского Томского политехнического университета (Россия, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 30; e-mail: zhdanovaao@tpu.ru)

**Г. В. КУЗНЕЦОВ**, д-р физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической и промышленной теплотехники, Энергетический институт Национального исследовательского Томского политехнического университета (Россия, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 30; e-mail: elf@tpu.ru)

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

**И. Р. ХАСАНОВ**, начальник научно-исследовательского центра, Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России (Россия, 143912, г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; e-mail: irhas@rambler.ru)

**Д. В. ФЕДОТКИН**, канд. техн. наук, заместитель начальника отдела, Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России (Россия, 143912, г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; e-mail: fdv982@mail.ru)

УДК 536.4

## О ВОЗМОЖНОСТИ ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ И ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ ПОЛИДИСПЕРСНЫМИ ВОДЯНЫМИ ПОТОКАМИ

Проведен анализ основных современных методов тушения лесных и торфяных пожаров. Выделены особенности расходования тушащих средств в процессе подавления химического реагирования лесных горючих материалов, а также торфа. Сформулированы направления целесообразного (с точки зрения ресурсо- и энергоэффективности) развития методов тушения лесных и торфяных пожаров с применением полидисперсных водяных потоков. Выполнена численная оценка возможной эффективности применения полидисперсных водяных потоков.

**Ключевые слова:** лесные и торфяные пожары; подавление химического реагирования; методы тушения; полидисперсные пароводяные потоки.

### Введение

Негативные экономические и социальные последствия лесных и торфяных пожаров во всем мире велики. Следует отметить длительность ликвидации и большие площади таких пожаров на территории Российской Федерации в последние годы [1–3]. Лесной массив России составляет пятую часть лесов мира, а запасы торфа — 37 % относительно мировых [4]. Таким образом, лесные и торфяные пожары оказывают негативное влияние на качество среды обитания, нарушают состояние лесов и торфяников [4]. В обнародованном центром ФОБОС рейтинге [3] наиболее сильных природных потрясений 2010 г. российские лесные пожары признаны одним из самых опасных стихийных бедствий (рис. 1). Эти индикаторы еще раз иллюстрируют высокую значимость проблемы тушения лесных пожаров.

Торфяные пожары (рис. 2) также наносят большой вред экономике, окружающей среде и здоровью человека [5]. В пламени таких пожаров сгорает почти в 10 раз больше биологической массы, чем при

лесных пожарах [5]. При этом выделяется значительно большее количество токсичных газов (метана, углекислого и угарного газов, формальдегида, оксидов азота, ароматических углеводородов, бензапирена и др.). В то же время торфяные пожары распространяются на значительно меньшие площади, чем лесные [5]. Тяжелые последствия лесных и торфяных пожаров требуют особого внимания к проблемам противопожарной охраны лесов и торфяников, а также разработки новых ресурсоэффективных способов и методов ликвидации таких пожаров [5].

### Причины лесных и торфяных пожаров

Одной из наиболее типичных причин возникновения лесных и торфяных пожаров служат “благоприятные” для возгораний метеорологические (или климатические) условия [6]. Способствует развитию таких стихийных бедствий высокая температура воздуха, сильный ветер, отсутствие осадков, низкое содержание влаги в почвенном и подпочвенных



Рис. 1. Фрагмент лесного пожара в центральной части России (2010 г.)



Рис. 2. Фрагмент торфяного пожара в Тверской области (07–12.08.2014 г.)

слоях [6]. В то же время основными причинами возникновения лесных пожаров являются высокотемпературные источники нагрева [7–9]. Как правило, это источники природного характера: удар молнии, фокусированное каплями воды или смолы солнечное излучение и др. [7]. Вероятность возникновения природных источников пожаров варьируется в среднем от 0,1 до 0,5 % [7].

Известно, что длительная засуха приводит к осушению верхнего слоя торфа до относительной влажности 20–50 % [5]. При таком содержании влаги может происходить его возгорание с последующим химическим реагированием горючего и окислителя (воздуха) в нижних слоях торфа (несмотря на их влажность, как правило, около 50 %). Торфяные пожары возникают чаще всего от очаговых источников тепла (“глеющая кочка”, “гнилушка” [10, 11] и др.), остающихся после прохождения низового пожара. В результате происходит воспламенение торфа и “заглобление” очага горения [10, 11].

Возгорание торфа может происходить также, например, вследствие его саморазогрева при периоди-

ческих высокочастотных (суточных) и низкочастотных (сезонных) колебаниях температуры воздуха [12]. Установлено [12], что на период индукции при самовоспламенении торфа основное влияние оказывают сезонные (годовые) колебания температуры.

Одним из основных источников лесных и торфяных пожаров является и антропогенная деятельность человека, в частности неосторожное обращение с огнем [6, 7, 9]. Количественная оценка человеческого фактора пока затруднена [7]. Так, например, причиной возгорания торфа могут быть непогашенные костры, искры, разносимые ветром на расстояние до 50 м и более [5].

Законодательная база управления лесами и лесопользования в России уже длительное время находится в стадии реформирования [3, 13, 14]. Принято считать [13], что недоработки в лесном законодательстве также могут стать причиной возникновения пожаров. На мониторинг, профилактику и борьбу с природными пожарами в России затрачивается недостаточно (по оценкам автора [13]) финансовых средств. На охрану лесов от пожаров в 2010 г. было выделено всего 2,2 млн. руб. [13], тогда как, например, в Канаде ежегодно на предотвращение лесных пожаров тратится не менее 1 млрд. долл. [13]. Предотвращение пожаров является неотъемлемой частью борьбы с этими стихийными бедствиями. Недостаток финансовых средств на охрану лесов от пожаров влечет за собой непоправимые последствия [13].

### Методы тушения лесных и торфяных пожаров

Проблеме ликвидации лесных пожаров уже давно уделяется большое внимание [15–20]. Известны результаты экспериментальных исследований [15, 17–19] процессов горения лесных горючих материалов (ЛГМ) и моделирования низовых лесных и степных пожаров [16, 19, 20]. Распространение пламени по поверхности ЛГМ представляется как непрерывно повторяющийся процесс воспламенения образовавшихся горючих летучих продуктов разложения древесины [21]. Считается [21], что при пламенном горении токсичность продуктов сгорания древесины уменьшается. Установлено [21], что в режиме тления (рис. 3) в диапазоне температур 720–820 К токсичность продуктов сгорания образцов древесины самая высокая: так, концентрация  $\text{HCl}_{50}$  находится в пределах 20–33 г/м<sup>3</sup>. Все разновидности древесины в этих условиях проявляют себя как высокоопасные по токсичности продуктов сгорания [22] и по ГОСТ 12.1.044–89 относятся к группе Т3 [22, 23]. Циклы выполненных исследований термического разложения лесных горючих материалов [24–32] позволили установить кинетические параметры их пиролиза, а также определить его основные стадии (выход воды,





Рис. 3. Типичная видеограмма процесса тления древесины

выход летучих продуктов разложения ЛГМ, гетерогенная реакция окисления углеродистого остатка).

Полная ликвидация очага горения [15, 33] в условиях типичного лесного пожара возможна только при прекращении реакции термического разложения в приповерхностных слоях ЛГМ. Решение задачи подавления реакции термического разложения лесных горючих материалов как элемента борьбы с лесными пожарами способствует активному развитию аэрозольных технологий [16, 34–38], таких как водяной туман, тонкораспыленная вода, паровая завеса и др. (рис. 4). Можно отметить широкий спектр работ, направленных на оценку эффективности пожаротушения тонкораспыленной водой с применением авиационных методов [39–43]. Исследованы струи тонкораспыленной воды при жидкостном и газожидкостном способах распыления [41]. Проведен анализ влияния дисперсности капель воды на эффективность пожаротушения [41]. Сформулированы рекомендации [23, 41] по способам формирования высокодисперсных капельных смесей и их транспортирования в очаг горения. В то же время можно подчеркнуть [23], что для создания установок объемного пожаротушения с использованием тонкораспыленной воды недостаточно нормативной, научной и информационной базы.



Рис. 4. Тушение торфяников в Тверской обл. с помощью самолета Ил-76МД (2014 г.)

Важно подчеркнуть, что применение способа полидисперсного распыления [44] позволяет повысить “огнетушащую” способность воды за счет оптимального соотношения мелких и крупных капель в потоке, направляемом в очаг горения. Повышению огнетушащей способности воды способствует также добавление в нее веществ щелочной природы [44].

Известен способ тушения пожаров [45], при реализации которого жидкость подают в виде газокapельной струи, получаемой путем ее диспергирования в газовом потоке и последующего ускорения двухфазного потока в газодинамическом сопле. Применение данного способа [46] предусматривает подачу огнетушащего средства (комбинированной струи пены низкой кратности — от 7 до 20 и средней — от 20 до 70) в зону пожара.

Можно также отметить способ [47], обеспечивающий тушение лесных пожаров огнетушащим веществом (ОТВ) с относительно небольшим количеством воды. В такой состав, помимо воды, входит тонкоизмельченная шихта легкоплавкого стекла в концентрации 0,0001–10 % в виде раствора или взвеси [47].

Известен и другой способ тушения лесных массивов и торфяников [48]. Он реализуется при эксплуатации водного состава, который включает молотые глину и асбест, хлорид натрия и воду. Сочетание данных компонентов в определенном соотношении обеспечивает получение эффективного, недорогого и технологичного состава для подавления горения.

Установлено [49–51], что древесина и торф значительно различаются по структуре строения, плотности, химическому составу, теплофизическим и реакционным свойствам. Для тушения торфяных пожаров необходимо существенно большее (по сравнению с лесными) количество воды: на 1 м<sup>3</sup> торфа — около 1 м<sup>3</sup> воды [5]. При этом торф поглощает только 5–8 % жидкости и быстро высыхает, что приводит во многих случаях к новому возгоранию [5]. В связи с этим для понижения поверхностного натяжения воды и повышения смачиваемости поверхности торфа в воду вводят поверхностно-активные вещества (ПАВ) [5, 52]. Для каждого типа торфа существуют свои оптимальные составы ПАВ [52–56]. В последнее время в качестве ПАВ (до 0,3 %) активно применяют: сульфанол НП, пенообразователи ОП-7 и ОП-10 [5]. Известно также, что использование для тушения пожаров 1–3 %-ных растворов карбонатов и бикарбонатов натрия позволяет повысить смачиваемость торфа в 2–3 раза [57].

Другим видом обработки торфа для предотвращения его самовозгорания или зажигания является применение растворов пленкообразователей, затрудняющих доступ воздуха к его поверхности [58]. Эти функции может выполнять глинистая пульпа, обра-



зующаяся в процессе мелиорации торфяно-болотных экосистем. В состав глинистой пленкообразующей композиции предложено вводить добавки хлорида кальция, ингибирующие горение торфа [58]. Авторами [5] предложен способ оптимального насыщения торфа негорючими минеральными наночастицами, препятствующими реакции окисления углерода и поглощающими кислород вследствие эндотермических реакций окисления [59, 60]. Плотность наночастиц в 2–3 раза больше плотности льда и воды, поэтому они быстро оседают в низинном торфе. Разработаны также рекомендации [5] по применению водных растворов слабощелочного состава с добавками наночастиц при использовании пожарной техники в летние периоды. Зимой рекомендуется распыление сухих наночастиц над торфяными полями [5]. Применение рекомендаций, предложенных в [5], может позволить предотвратить и ликвидировать загорания торфяников.

Известен способ [61] подавления диффузионного пламени газовойдыными составами ультрадисперсного (до 60 мкм) распыла. Авторами [61] приведены расчетные зависимости, учитывающие воздействие пара на эффективность ликвидации пламенного горения. Анализ влияния интегральных характеристик испарения жидкости на процесс подавления горения важен для полной ликвидации пожаров.

Опубликованы результаты численного анализа интегральных характеристик испарения одиночных и групп капель распыленной жидкости при движении через пламя фиксированной высоты [62–64], определены условия полного испарения ее в зоне пламени. В последние годы тонкораспыленная вода рассматривается как один из самых перспективных флегматизаторов горения [65–68].

Масштабность процесса горения во времени и в пространстве даже при относительно умеренных площадях распространения пожаров [32] делает нецелесообразным экспериментальное исследование процессов, происходящих при взаимодействии больших масс воды с пламенем, на малоразмерных моделях. Полученные в таких экспериментах результаты затруднительно использовать при анализе реальных процессов.

Известны [62, 63, 69–72] результаты численных исследований, выполненных для монодисперсной совокупности капель тонкораспыленной воды при ее прохождении через высокотемпературные продукты сгорания. Исследованы условия испарения одиночной капли [62, 63], двух [69], группы из четырех [70] и пяти [71] капель. Для нескольких наиболее типичных систем “водяной снаряд” — пламя [62, 63, 69–71] определены зависимости времени испарения капель от температуры продуктов сгорания, скорости движения, размеров и расстояния меж-

ду каплями. Проанализированы условия движения последних в типичных струях тушащей жидкости [70]. Проведен анализ [73] влияния положения капель в “водяном снаряде” относительно соседних на эффективность снижения температуры в его следе при последовательном и параллельном распылении. Установлена целесообразность специальной подготовки “водяных снарядов” (при тушении крупных пожаров с применением авиации) за счет распыления воды с оптимальным расположением капель относительно друг друга и выбором их размеров, исходя из высоты столба пламени и площади обрабатываемого участка пожара [73].

Локальный сброс воды с воздушных судов в зону горения, как правило, приводит к существенному заливанию ограниченных по характерным размерам участков лесных пожаров [39–41]. Достаточно часто избыточное использование воды не является гарантией ликвидации очага горения [15, 33], так как в малой окрестности зоны тушения через относительно небольшой интервал времени может возобновиться процесс горения. Рассматриваемые в качестве перспективных в последние годы водяные и пароводяные “завесы” [16, 38, 43] призваны “закрыть от окислителя” существенно большую площадь пожара по сравнению с “монолитными” массами воды (при этом экономится достаточно много тушащей жидкости). Эффективность применения таких подходов для локализации пламени обоснована известными результатами теоретических и экспериментальных исследований [41, 74]. Однако открытыми остаются вопросы о необходимых и достаточных (минимальных) объемах жидкости для подавления реакции термического разложения в приповерхностных слоях типичных ЛГМ. Применение современных математических моделей и численных методов, например [75–77], позволяет лишь определять толщину испарившегося слоя жидкости, характерные времена прекращения реакции термического разложения, а также влияние внешних условий на интегральные параметры теплопереноса.

В последние годы выполнен цикл численных [78–80] и экспериментальных [81–83] исследований процессов испарения типичной тушащей жидкости — воды при ее движении через пламя в виде капель, струй и больших массивов (“водяных снарядов”). Показано [78, 79, 82, 83], что до 95 % сбрасываемой (нераспыленной) жидкости проходит через пламенную зону горения без испарения и, как следствие, фактически не участвует в тушении пожаров.

### Перспективные методы тушения лесных и торфяных пожаров

Для максимально возможного снижения температуры в пламенной зоне горения и интенсивного

парообразования целесообразно мелкодисперсное распыление тушащей жидкости (в частности, воды) [84–86]. Так, например, в [85] показано, что при средних размерах (условных радиусах) каплей воды от 50 до 500 мкм реализуется практически полное испарение жидкости в области пламени высотой до 2 м. Определяющая доля энергии пламени поглощается вследствие большого теплового эффекта парообразования воды (2,26 МДж/кг [87]). Температура смеси продуктов сгорания и водяных паров  $T_m$  снижается до 300–450 К [23, 35]. Формирующуюся при этом парогазовую смесь можно считать следом “водяного снаряда” [23, 80, 85]. При тушении крупных лесных пожаров особое внимание уделяется процессам химического реагирования в прогретых слоях термически разлагающихся лесных горючих материалов [15, 16, 33]. Результаты исследований [85–90] показывают, что теплосодержание области непосредственного газофазного горения типичных ЛГМ (листья березы, хвоя сосны и ели) в десятки раз превышает теплосодержание приповерхностного слоя прогретых до высоких (более 600 К) температур ЛГМ. На снижение температуры пиролизующегося ЛГМ до  $T_d = 400 \div 500$  К (значения соответствуют началу термического разложения) необходимо не более 3 % воды, затрачиваемой на подавление пламени в зоне газофазного горения [88–90]. Характерные размеры последней могут достигать 10–15 м [85], в то время как толщина прогретого слоя ЛГМ в условиях лесных пожаров составляет не более 0,1 м, как правило 0,02–0,06 м [15, 33]).

В реальных условиях тушения лесных пожаров далеко не вся сбрасываемая жидкость испаряется при движении через пламя. На поверхности термически разлагающегося ЛГМ возможно образование пленки жидкости конечных размеров и проникновение воды в поры ЛГМ. Проведен анализ эффективности использования теплоты испарения воды при подавлении горения ЛГМ [90–92]. Установлено [90–92], что для влажной древесины механизм подавления реакции пиролиза существенно изменится. Рассчитана толщина пленки тушащей жидкости, необходимая для подавления реакции термического разложения ЛГМ [93, 94]. На рис. 5,а представлены полученные в результате численных исследований [93] зависимости толщины слоя испарившейся при подавлении реакции термического разложения жидкости  $L_e$  от характерного размера прогретого приповерхностного слоя ЛГМ  $L_f$ . Величина  $L_e$  является минимальной толщиной пленки жидкости, при которой температура в ЛГМ становится ниже  $T_d$  [93].

Зависимости  $L_e = f(L_f)$  показывают (см. рис. 5,а), что для подавления (или прекращения) реакции термического разложения в приповерхностных слоях типичных ЛГМ размером до 0,06 м необходимы

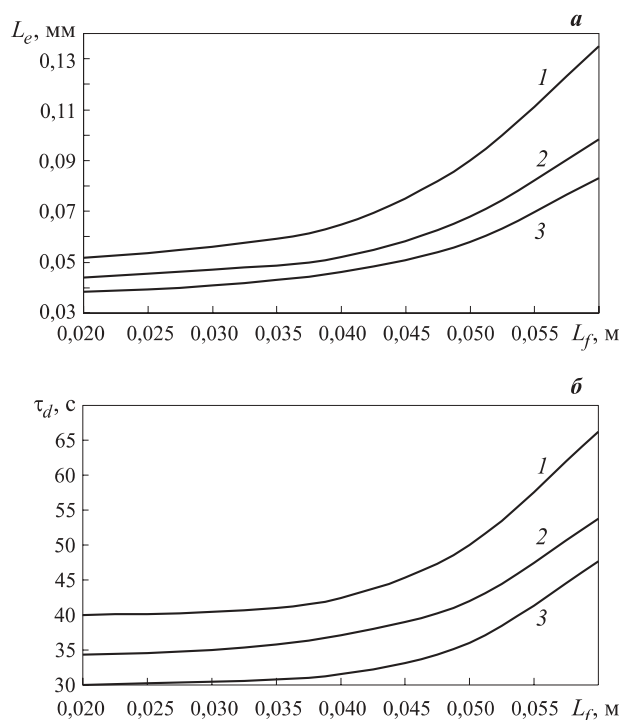


Рис. 5. Зависимость толщины испарившегося слоя пленки жидкости (а) и времени подавления реакции термического разложения (б) от характерного размера ЛГМ [93]: 1 — листья березы; 2 — хвоя сосны; 3 — хвоя ели

относительно тонкие пленки жидкости ( $L_e < 1$  мм) [93]. Выявленная особенность иллюстрирует избыточность типичного для авиации способа подачи воды — локального сбрасывания больших масс последней [42, 43], при котором на поверхности ЛГМ могут формироваться пленки жидкости толщиной, многократно превышающей установленные достаточные (минимальные) значения  $L_e$  (даже в условиях проникновения воды в грунт).

При численном моделировании [93] определены также характерные времена подавления реакции термического разложения рассматриваемых ЛГМ  $t_d$  при воздействии на них пленки воды (рис. 5,б).

Результатами численных исследований физико-химических процессов при испарении воды в порах приповерхностного слоя ЛГМ [93] являются зависимости времени подавления (прекращения) реакции термического разложения от толщины ЛГМ  $L_f$  при глубине проникновения воды в поры на 0,002 м (рис. 6). Толщина ЛГМ при моделировании [94] варьировалась в типичном для практики тушения пожаров диапазоне — 0,02–0,06 м [15]. Установлено, что время  $t_d$  возрастает с увеличением  $L_f$  нелинейно. Так, например, при  $L_f = 0,02 \div 0,04$  м времена  $t_d$  отличаются не более чем на 10 с. При увеличении  $L_f$  до 0,06 м зафиксирован рост  $t_d$  на 45 с относительно значений  $t_d$ , полученных при  $L_f = 0,02$  мм. Установленную особенность можно объяснить различными запасами энергии, аккумулированной в ЛГМ.

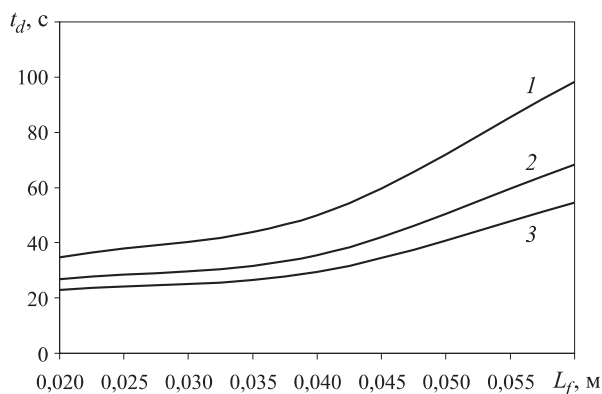


Рис. 6. Зависимость времени подавления реакции термического разложения от толщины ЛГМ [94] при  $L_w = 0,002 \text{ м}$ : 1 — листья березы; 2 — хвоя сосны; 3 — хвоя ели

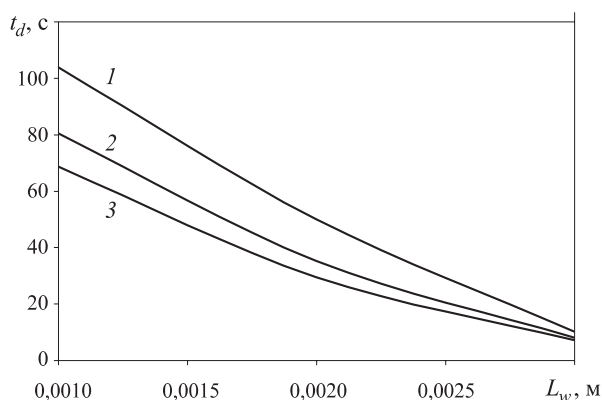


Рис. 7. Зависимость времени подавления реакции термического разложения от толщины слоя ЛГМ-вода при  $L_f = 0,04 \text{ м}$  [94]: 1 — листья березы; 2 — хвоя сосны; 3 — хвоя ели

Зависимости времени подавления реакции термического разложения листьев березы, хвои сосны и ели [94] от толщины слоя последних с водой в порах  $L_w$  при  $L_f = 0,04 \text{ м}$  представлены на рис. 7. Анализ рис. 7 позволяет сделать вывод о том, что инерционность процесса подавления реакции термического разложения существенно снижается при изменении  $L_w$  в диапазоне от 0,001 до 0,003 м. Установлено [94], что в процессе подавления реакции термического разложения ЛГМ происходит испарение слоя жидкости толщиной не более 0,001 м. Это позволяет заключить, что для прекращения термического разложения ЛГМ нецелесообразно “черезмерное” (избыточное) заливание водой его поверхности.

Довольно часто в тушащие жидкостные составы вводятся инородные включения [95–98] для повышения интенсивности их прогрева и испарения в зоне пожара. Применяют стадийную и послонную подачу аэрозолей в пламя (интенсифицируются процессы парообразования, и генерация паров поддерживается в течение заданного интервала времени). Экспериментальные исследования [82, 99] макроскопических закономерностей испарения распы-

ленных жидкостей (пресной воды и воды с примесями соли) позволили установить интегральные характеристики испарения капель (размеры, масса, концентрация). Показано, что рабочая жидкость с примесями NaCl существенно медленнее испаряется по сравнению с пресной водой [82]. Данный результат хорошо согласуется с данными [23, 41]. Установлено также [82], что при достижении некоторых значений размеров (условных радиусов) капель (менее 0,15 мм) интенсивности испарения капель рассматриваемых жидкостей (с NaCl и без примесей солей) сопоставимы. Известны результаты экспериментальных исследований [100] влияния твердых включений (неметаллических и металлических частиц) в каплях воды (размером от 1 до 5 мм) на изменение размеров последних, убыль массы жидкости и интенсивность парообразования при движении в зоне пламени. На примере углеродистых частиц (размером 50–500 мкм) показано, что твердые включения в каплях жидкости могут существенно влиять на изменение размеров капель и интенсифицировать парообразование в области горения, поэтому для повышения интенсивности испарения воды можно рекомендовать добавление в нее инородных твердых включений. Для достижения максимально возможного количества воды непосредственно у поверхности ЛГМ или торфа можно рекомендовать повысить за счет увеличения размеров капель содержание солей и минимизировать инородные включения в тушащих жидкостных составах.

Для тушения торфа требуется существенно больше времени, чем для тушения ЛГМ [5], так как для торфа характерен беспламенный режим горения. Причем тление может происходить и в изолированных условиях [5], поскольку торфяная масса содержит в порах некоторое количество воздуха. Тушение торфяных пожаров водой сопровождается поглощением воды и быстрым высыханием торфа, что приводит к возобновлению возгорания [5]. Целесообразно при тушении торфа обеспечить формирование пленки воды на его поверхности.

### Заключение

Анализ преимуществ и недостатков современных способов тушения лесных и торфяных пожаров (с акцентом на требуемые ресурсы) позволил установить целесообразность использования при ликвидации таких чрезвычайных ситуаций полидисперсного (распределенного во времени и пространстве) распыления тушащих жидкостных составов.

\*\*\*

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект 14-39-00003).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилов-Данильян В. И. Причины и уроки торфяных и лесных пожаров 2010 года // Экология и жизнь. — 2010. — № 10. — С. 20–27.
2. Пиджаков А. Ю., Решецкий Ф. Н., Гаврилова О. В. Применение авиации МЧС России при тушении лесных пожаров // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. — 2011. — № 1. — С. 68–71.
3. Иванова Л. В. Лесные пожары 2010 года — очередная причина изменений в лесном кодексе // Север и рынок: формирование экономического порядка. — 2011. — Т. 1, № 27. — С. 103–108.
4. Соловьев С. В. Экологические последствия лесных и торфяных пожаров : дис. ... канд. техн. наук. — М., 2006.
5. Хорошавин Л. Б., Медведев О. А., Беляков В. А., Беззапонная О. В. Торфяные пожары и способы их тушения // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 11. — С. 85–89.
6. Евграфов А. В. Причины возникновения лесных, торфяных пожаров и разработка нового способа их предупреждения // Нива Поволжья. — 2009. — № 2. — С. 87–90.
7. Протасов В. В., Попов В. М., Юшин В. В., Рыжова М. А. Аспекты возникновения и технологии тушения широкомасштабных лесных пожаров // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. — 2013. — № 1. — С. 199–201.
8. Сверлова Л. И. Метод оценки пожарной опасности в лесах по условиям погоды с учетом поясов атмосферной засушливости и сезонов года. — Хабаровск : ДВ УГМС, 2000. — 46 с.
9. Воробьев Ю. Л., Акимов В. А., Соколов Ю. И. Лесные пожары на территории России: состояние и проблемы / Под общ. ред. Ю. Л. Воробьева // МЧС России. — М. : ДЭКС-Пресс, 2004. — 312 с.
10. Субботин А. Н. Распространение торфяного пожара при разных условиях теплообмена с внешней средой // Пожаровзрывобезопасность. — 2007. — Т. 16, № 5. — С. 42–49.
11. Кулеи Р. Н., Субботин А. Н. Математическое моделирование теплопереноса при воспламенении торфа // Известия Томского политехнического университета. — 2013. — Т. 323, № 4. — С. 85–90.
12. Горельский В. А., Жильцов К. Н. Исследование возникновения торфяных пожаров вследствие колебаний температур // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. — 2012. — № 3. — С. 49–54.
13. Царев В. А. Экономический ущерб, нанесенный природными пожарами в России в 2010 году // Лесотехнический журнал. — 2012. — № 3. — С. 147–155.
14. Васильева М. И. Правовое регулирование лесных отношений в новом лесном кодексе РФ // Журнал российского права. — 2007. — № 1 (121). — С. 75–86.
15. Щетинский Е. А. Тушение лесных пожаров. — М. : ВНИИЛМ, 2002. — 104 с.
16. Ковалев А. Н., Журавлева Л. А. Перспективные направления тушения низовых лесных и степных пожаров // Научная жизнь. — 2012. — № 4. — С. 153–157.
17. Гришин А. М., Зима В. П. Новые концепции, способы и устройства для борьбы с лесными пожарами // Экологические системы и приборы. — 2007. — № 10. — С. 57–61.
18. Гусев В. Г., Подрезов Ю. В. Новые технологии борьбы с лесными пожарами // Технологии гражданской безопасности. — 2006. — Т. 3, № 4. — С. 22–26.
19. Гришин А. М., Рейно В. В., Сазанович В. М., Цвык Р. Ш. Некоторые итоги экспериментальных исследований горения ЛГМ // Известия высших учебных заведений. Физика. — 2009. — Т. 52, № 12. — С. 28–37.
20. Долгов А. А. Лабораторные исследования состава и определения коэффициентов эмиссии продуктов горения лесных материалов // Инженерно-физический журнал. — 2004. — Т. 77, № 6. — С. 168–172.
21. Серков Б. Б., Асеева Р. М., Сивенков А. Б. Физико-химические основы горения и пожарная опасность древесины (часть 2) // Технологии техносферной безопасности. — 2012. — № 1(41). — С. 1.
22. ГОСТ 12.1.044–89\*. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. — Введ. 01.01.91. — М. : ИПК Издательство стандартов, 2001. — 110 с.
23. Копылов Н. П., Чибисов А. Л., Душкин А. Л., Кудрявцев Е. А. Изучение закономерностей тушения тонкораспыленной водой модельных очагов пожара // Пожарная безопасность. — 2008. — № 4. — С. 45–58.
24. Палецкий А. А., Гончикжапов М. Б., Коробейничев О. П. Исследование пиролиза лесных горючих материалов методом зондовой молекулярно-пучковой масс-спектрометрии // Сиббезопасность – Спассиб. — 2011. — № 1. — С. 97–98.



25. Гончикжанов М. Б., Палецкий А. А., Коробейничев О. П. Кинетика пиролиза лесных горючих материалов в инертной/окислительной среде при быстром и медленном темпах нагрева // Сиббезопасность – Спасиб. — 2012. — № 1. — С. 38–44.
26. *Colomba Di Blasi, Carmen Branca, Antonio Galgano.* Flame retarding of wood by impregnation with boric acid — Pyrolysis products and char oxidation rates // *Polymer Degradation and Stability.* — 2007. — Vol. 92. — Issue 5. — P. 752–764. doi: 10.1016/j.polyimdegradstab.2007.02.007.
27. *Gildas Nguila Inari, Steeve Mounguengui, Stéphane Dumarçay, Mathieu Pétrissans, Philippe Gérardin.* Evidence of char formation during wood heat treatment by mildpyrolysis // Evidence of char formation during wood heat treatment by mild pyrolysis. — 2007. — Vol. 92. — Issue 6. — P. 997–1002. doi: 10.1016/j.polyimdegradstab.2007.03.003.
28. *Fei Yao, Qinglin Wu, Yong Lei, Weihong Guo, Yanjun Xu.* Thermal decomposition kinetics of natural fibers: Activation energy with dynamic thermogravimetric analysis // *Polymer Degradation and Stability.* — Vol. 93. — Issue 1. — P. 90–98. doi: 10.1016/j.polyimdegradstab.2007.10.012.
29. *Colomba Di Blasi, Carmen Branca, Antonio Galgano.* Thermal and catalytic decomposition of wood impregnated with sulfur- and phosphorus-containing ammonium salts // *Polymer Degradation and Stability.* — 2008. — Vol. 93. — Issue 2. — P. 335–346. doi: 10.1016/j.polyimdegradstab.2007.12.003.
30. *Lim S. M., Chew M. Y. L.* Wood pyrolysis in high temperature and its kinetics // *Journal of Applied Fire Science.* — 2004. — Vol. 13. — Issue 4. — P. 339–357. doi: 10.2190/9150-W107-0U28-2583.
31. *Lim S. M., Chew M. Y. L.* Compensation effects in the non-isothermal pyrolysis of wood // *Fire Safety Science.* — 2005. — P. 1109–1112.
32. *Ying Zhang, Jinhua Sun, Jie Li, Jinhua Sun, Qingsong Wang, Xinjie Huang.* Effects of altitude and sample width on the characteristics of horizontal flame spread over wood sheets // *Fire Safety Journal.* — Vol. 51. — July 2012. — P. 120–125. doi: 10.1016/j.firesaf.2012.02.006.
33. Кузнецов Г. В., Барановский Н. В. Прогноз возникновения лесных пожаров и их экологических последствий. — Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2009. — 301 с.
34. *Korobeinichev O. P., Shmakov A. G., Shvartsberg V. M., Chernov A. A., Yakimov S. A., Koutsenogii K. P., Makarov V. I.* Fire suppression by low-volatile chemically active fire suppressants using aerosol technology // *Fire Safety Journal.* — 2012. — Vol. 51. — P. 102–109. doi: 10.1016/j.firesaf.2012.04.003.
35. *Xiao X. K., Cong B. H., Wang X. S., Kuang K. Q., Yuen R. K. K., Liao G. X.* On the behavior of flame expansion in pool fire extinguishment with steam jet // *Journal of Fire Sciences.* — 2011. — Vol. 29. — Issue 4. — P. 339–360. doi: 10.1177/0734904110397812.
36. *Meng N., Hu L., Liu S., Wu L., Chen L., Liu B.* Full-scale experimental study on fire suppression performance of a designed water mist system for rescue station of long railway tunnel // *Journal of Fire Sciences.* — 2012. — Vol. 30. — Issue 2. — P. 138–157. doi: 10.1177/0734904111428898.
37. *Tang Z., Fang Z., Yuan J. P., Merci B.* Experimental study of the downward displacement of fire-induced smoke by water sprays // *Fire Safety Journal.* — 2013. — Vol. 55. — P. 35–49. doi: 10.1016/j.firesaf.2012.10.014.
38. *Karpov A. I., Novozhilov V. B., Galat A. A., Bulgakov V. K.* Numerical modeling of the effect of fine water mist on the small scale flame spreading over solid combustibles // *Fire Safety Science: Proceeding of Eight International Symposium.* — 2005. — Vol. 27. — P. 753–764.
39. Горшков В. С., Москвиллин Е. А., Хасанов И. Р. Оценка параметров тушения лесных пожаров авиационными средствами // Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций и их источников : сборник тезисов научно-практической конференции. — М. : ИИЦ ВНИИ ГОЧС, 2001. — С. 34–35.
40. Хасанов И. Р., Горшков В. С., Москвиллин Е. А. Параметры процесса тушения лесных пожаров при подаче воды авиационной техникой // Лесные и степные пожары: возникновение, распространение, тушение и экологические последствия : материалы международной конференции. — Иркутск : ВСИ МВД России, 2001. — С. 157–158.
41. Андрияшкин А. Ю., Пелех М. Т. Эффективность пожаротушения тонкораспыленной водой // Проблемы управления рисками в техносфере. — 2012. — Т. 21, № 1. — С. 64–69.
42. Хасанов И. Р., Москвиллин Е. А. Авиационные методы тушения крупных лесных пожаров // Проблемы горения и тушения пожаров на рубеже веков: материалы XV научно-практической конференции. — М. : ВНИИПО, 1999. — Ч. 1. — С. 300–301.
43. *Wighus R.* Water mist fire suppression technology — status and gaps in knowledge // *Proceedings of the International Water Mist Conference.* — Vienna, 2001. — P. 1–26.
44. Пат. 2403927 Российская Федерация. МПК А62С2/00, А62С37/08. Способ тушения пожара распыленной водой с добавками / Баратов А. Н., Забегаев В. И., Цариченко С. Г. — № 2008141350/12; заявл. 17.10.2008; опубл. 20.11.2010, Бюл. № 32.

45. Пат. 2131379 Российская Федерация. МПК 6В64D1/16А. Способ пожаротушения с использованием летательного аппарата и устройство для его осуществления / Зуев Ю. В., Карпышев А. В., Лепешинский И. А. — № 98101933/28; заявл. 06.02.1998; опубл. 10.06.1999.
46. Пат. 2394724 Российская Федерация. МПК В64D116, А62С3/02, А62С5/02. Способ и вертолетное устройство комбинированного тушения пожаров лесных массивов и промышленных объектов (варианты) / Куприн Г. Н.; Закрытое акционерное общество “НПО СОПОТ”. — № 2008119366/11; заявл. 12.05.2008, опубл. 20.07.2010, Бюл. № 20.
47. Пат. 2449825 Российская Федерация. МПК А62D1/00 (2006.01). Состав для тушения пожара / Староверов Н. Е. — № 2010151394/05; заявл. 14.12.2010; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 13.
48. Пат. 2262367 Российская Федерация. МПК 7А62D1/00А. Водный состав для тушения пожаров / Ветошкин Ю. П., Горелов В. В. — № 2004122184/15; заявл. 19.07.2004, опубл. 20.10.2005.
49. *Гришин А. Н.* Общая физико-математическая модель зажигания и горения древесины // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. — 2010. — № 2. — С. 60–70.
50. *Мищенко К. П., Равдель А. А.* Краткий справочник физико-химических величин. — Л. : Химия, 1972. — 200 с.
51. *Чудинов С. В., Трофимов А. Н., Узлов Г. А.* Справочник лесохимика. — М. : Лесная промышленность, 1987. — 271 с.
52. Пат. 2158155 Российская Федерация. МПК 7А62D1/00А. Пенообразующий состав для тушения пожаров / Смагин В. В. — № 99120163/12; заявл. 20.09.1999; опубл. 27.10.2000.
53. *Казаков М. В.* Применение поверхностно-активных добавок для тушения пожаров. — М. : Стройиздат, 1977. — 80 с.
54. *Лицтвак И. И.* Исследование возможности использования полимеров и ПАВ как структурообразователей торфяных почв. Новые процессы и продукты переработки торфа : сб. статей. — М. : Наука и техника, 1982. — С. 15–19.
55. *Соловьев С. В.* Выбор огнетушащих составов с учетом особенностей связи воды в торфе // Вестник Академии ГПС МЧС России. — 2004. — № 2. — С. 61–66.
56. *Никитин Ю. А.* Предупреждение и тушение пожаров в лесах и на торфяниках. — М. : Россельхозиздат, 1986. — 96 с.
57. *Соловьев С. В.* Экологические последствия лесных и торфяных пожаров : дис. ... канд. техн. наук. — М., 2006. — 222 с.
58. *Чернододов А. С., Хорошилов О. А.* Технологические методы замедления процесса горения торфа // Проблемы управления рисками в техносфере. — 2009. — № 4. — С. 53–55.
59. *Хорошавин Л. Б.* Разработка и внедрение нанотехнологий предотвращения и ликвидации возгорания торфяников // Уральская горная школа — регионам : сборник докладов Международной научно-практической конференции. — Екатеринбург : УГГУ, 2011. — С. 472–473.
60. *Хорошавин Л. Б., Медведев О. А., Беляков В. А. и др.* Модифицированный торф — это торф нового поколения // Современные нанотехнологии. Сканирующая зондовая микроскопия : сборник тезисов. — Екатеринбург : УрГУ, 2011. — С. 17.
61. *Копылов С. Н., Казаков А. В., Бухтояров Д. В., Смирнов Н. В., Кулаков В. Г., Гладилин А. В., Исаев Н. С., Борисов Ю. А.* Механизм тушения пламени газовойдынными составами ультрадисперсного распыла // Пожарная безопасность. — 2014. — № 2. — С. 67–71.
62. *Волков Р. С., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А.* Численная оценка оптимальных размеров капель воды в условиях ее распыления средствами пожаротушения в помещениях // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 5. — С. 74–78.
63. *Глушков Д. О., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А.* Численное исследование теплопереноса при движении “тандема” капель воды в высокотемпературной газовой среде // Тепловые процессы в технике. — 2012. — Т. 4, № 12. — С. 531–538.
64. *Высокоморная О. В., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А.* Теплоперенос при движении капель воды в высокотемпературной газовой среде // Инженерно-физический журнал. — 2013. — Т. 86, № 1. — С. 59–65.
65. *Карпышев А. В., Душкин А. Л., Рязанцев Н. Н.* Разработка высокоэффективного универсального огнетушителя на основе генерации струй тонкораспыленных огнетушащих веществ // Пожаровзрывобезопасность. — 2007. — Т. 16, № 2. — С. 69–73.
66. *Гаев Д. В., Ершов А. В., Прохоров В. П., Карпышев А. В., Душкин А. Л.* Система противопожарной защиты салона вагона метрополитена на базе высоких технологий // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. — 2009. — № 3. — С. 67–72.
67. *Душкин А. Л., Ловчинский С. Е.* Взаимодействие пламени горючей жидкости с тонкораспыленной водой // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 11. — С. 53–55.

68. Душкин А. Л., Карнышев А. В., Ловчинский С. Е. Особенности распространения жидкостной струи в атмосфере // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 12. — С. 45–48.
69. Стрижак П. А. Численное исследование условий испарения совокупности капель воды при движении в высокотемпературной газовой среде // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 8. — С. 26–31.
70. Волков Р. С., Высокоморная О. В., Стрижак П. А. Численное исследование условий взаимодействия диспергированного флегматизатора горения с высокотемпературными продуктами сгорания // Безопасность труда в промышленности. — 2012. — № 10. — С. 74–79.
71. Андреев Г. Г., Глушков Д. О., Панин В. Ф., Стрижак П. А. Тепломассоперенос при взаимодействии диспергированного флегматизатора горения с высокотемпературными продуктами сгорания // Бутлеровские сообщения. — 2012. — Т. 31, № 8. — С. 86–94.
72. Стрижак П. А. Численный анализ процесса испарения капли, движущейся в струе воды через высокоскоростные продукты сгорания // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21, № 9. — С. 17–23.
73. Жданова А. О., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Влияние распределения капель воды в “водяном снаряде” на температуру в его следе // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 2. — С. 9–17.
74. Волков Р. С., Высокоморная О. В., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Экспериментальное исследование закономерностей испарения тонкораспыленной воды при движении через высокотемпературные продукты сгорания // Бутлеровские сообщения. — 2013. — Т. 35, № 9. — С. 38–46.
75. Исаев С. А., Баранов П. А., Пригородов Ю. С., Судаков А. Г., Усачов А. Е. Численный анализ влияния сжимаемости на турбулентное, симметричное обтекание вязким газом цилиндра с круговой вихревой ячейкой // Инженерно-физический журнал. — 2008. — Т. 81, № 2. — С. 330–337.
76. Кузнецов Г. В., Шеремет М. А. Математическое моделирование сложного теплопереноса в замкнутой прямоугольной области // Теплофизика и аэромеханика. — 2009. — Т. 16, № 1. — С. 123–133.
77. Исаев С. А., Лысенко Д. А. Тестирование численных методов, конвективных схем, алгоритмов аппроксимации потоков и сеточных структур на примере сверхзвукового течения в ступенчатом канале с помощью пакетов CFX и FLUENT // Инженерно-физический журнал. — 2009. — Т. 82, № 2. — С. 326–330.
78. Стрижак П. А. Влияние распределения капель в “водяном снаряде” на температуру и концентрацию продуктов сгорания в его следе // Инженерно-физический журнал. — 2013. — Т. 86, № 4. — С. 839–848.
79. Стрижак П. А. Численный анализ диффузионно-конвективных процессов тепломассопереноса при движении капель воды через высокотемпературные продукты сгорания // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 7. — С. 11–21.
80. Strizhak P. A. Influence of droplet distribution in a “water slug” on the temperature and concentration of combustion products in its wake // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. — 2013. — Vol. 86, No. 4. — P. 895–904. doi: 10.1007/s10891-013-0909-9.
81. Волков Р. С., Высокоморная О. В., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Экспериментальное исследование закономерностей испарения тонкораспыленной воды при движении через высокотемпературные продукты сгорания // Бутлеровские сообщения. — 2013. — Т. 35, № 9. — С. 38–46.
82. Волков Р. С., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. О некоторых физических закономерностях испарения распыленной воды при движении через высокотемпературные продукты сгорания // Известия Томского политехнического университета. — 2013. — Т. 323, № 2. — С. 201–207.
83. Волков Р. С., Высокоморная О. В., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Экспериментальное исследование изменения массы капель воды при их движении через высокотемпературные продукты сгорания // Инженерно-физический журнал. — 2013. — Т. 86, № 6. — С. 1327–1332.
84. Шумихин А. А., Карпов А. И., Корепанов М. А., Новожилов В. Б. Численное исследование воздействия тонкораспыленной воды на турбулентное диффузионное пламя // Химическая физика и мезоскопия. — 2012. — Т. 14, № 3. — С. 391–400.
85. Высокоморная О. В., Марков А. О., Назаров М. Н., Стрижак П. А., Янов С. Р. Численное исследование влияния условий распыления воды на температуру в следе “водяного снаряда” // Известия Томского политехнического университета. — 2013. — Т. 322, № 4. — С. 24–31.
86. Высокоморная О. В., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А. Тепломассоперенос при движении капель воды в высокотемпературной газовой среде // Инженерно-физический журнал. — 2013. — Т. 86, № 1. — С. 59–65.

87. *Исаченко В. П.* Теплообмен при конденсации. — М. : Энергия, 1977. — 239 с.
88. *Vysokomornaya O. V., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A.* Heat and mass transfer in the process of movement of water drops in a high-temperature gas medium // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. — 2013. — Vol. 86, No. 1. — P. 62–68.
89. *Кузнецов Г. В., Стрижак П. А.* Влияние формы капли воды на результаты математического моделирования ее испарения при движении через высокотемпературные продукты сгорания // *Тепловые процессы в технике*. — 2013. — № 6. — С. 254–261.
90. *Кузнецов Г. В., Стрижак П. А.* Оценка эффективности использования теплоты испарения воды при тушении лесных пожаров // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2013. — Т. 22, № 9. — С. 57–63.
91. *Гнездилов Н. Н., Козлов И. М., Добрего К. В.* Математическое моделирование горения торфяного слоя. Влияние конденсации паров воды // *Инженерно-физический журнал*. — 2012. — Т. 58, № 5. — С. 982–990.
92. *Горешнев М. А., Казарин А. Н., Лопатин В. В., Секисов Ф. Г., Смердов О. В.* Комбинированный метод сушки древесины // *Инженерно-физический журнал*. — 2013. — Т. 86, № 2. — С. 318–321.
93. *Жданова А. О., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А.* Численное исследование испарения пленки воды на поверхности лесного горючего материала // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2014. — Т. 23, № 6. — С. 18–25.
94. *Жданова А. О., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А.* Численное исследование физико-химических процессов при испарении воды в порах приповерхностного слоя лесного горючего материала // *Инженерно-физический журнал*. — 2014. — Т. 87, № 4. — С. 751–758.
95. *Joseph P., Nichols E., Novozhilov V.* A comparative study of the effects of chemical additives on the suppression efficiency of water mist // *Fire Safety Journal*. — 2013. — Vol. 58. — P. 221–225. doi: 10.1016/j.firesaf.2013.03.003.
96. *Zhou X., D'Aniello S. P., Hong-Zeng Yu.* Spray characterization measurements of a pendent fire sprinkler // *Fire Safety Journal*. — 2012. — Vol. 54. — P. 36–48. doi: 10.1016/j.firesaf.2012.07.007.
97. *Yoshida A., Udagawa T., Momoto Y., Naito H., Saso Y.* Experimental study of suppressing effect of fine water droplets on propane/air premixed flames stabilized in the stagnation flowfield // *Fire Safety Journal*. — 2013. — Vol. 58. — P. 84–91. doi: 10.1016/j.firesaf.2013.01.025.
98. *Коробейничев О. П., Шмаков А. Г., Чернов А. А., Большова Т. А., Шварцберг В. М., Куценкогий К. П., Макаров В. И.* Тушение пожаров с помощью аэрозолей растворов солей // *Физика горения и взрыва*. — 2010. — Т. 46, № 1. — С. 20–25.
99. *Волков Р. С., Жданова А. О., Стрижак П. А.* Экспериментальное исследование интегральных характеристик испарения типичных распыленных тушащих жидкостей при их движении через пламя // *Безопасность труда в промышленности*. — 2013. — № 12. — С. 33–37.
100. *Волков Р. С., Забелин М. В., Кузнецов Г. В., Стрижак П. А.* Влияние твердых включений в каплях жидкости на интенсивность парообразования в зоне пламени // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2014. — Т. 23, № 5. — С. 10–17.

*Материал поступил в редакцию 1 декабря 2014 г.*

English

## ABOUT POSSIBILITY OF THE FOREST AND PEAT FIRES EXTINGUISHING BY THE POLYDISPERSE WATER FLOWS

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

**KUZNETSOV G. V.**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of Theoretical and Industrial Heat Engineering Department, Institute of Power Engineering of National Research Tomsk Polytechnic University (Lenina Avenue, 30, Tomsk, 634050, Russian Federation; e-mail address: elf@tpu.ru)

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



**KHASANOV I. R.**, Head of the Research Center, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia (VNIPO, 12, Balashikha, 143912, Russian Federation; e-mail address: irhas@rambler.ru)

**FEDOTKIN D. V.**, Candidate of Technical Sciences, Deputy Head of Department, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia (VNIPO, 12, Balashikha, 143912, Russian Federation; e-mail: fdv982@mail.ru)

## ABSTRACT

Special attention in the paper is given to fire protection problems of forests and peat bogs, in particular, the development problem of new resource efficient techniques and methods of disaster relief. The causes of the forest and peat fires were considered and analyzed.

The analysis of longstanding theoretical and experimental researches was carried out, and it was showed that up to 95 % of being dropped (not atomized) liquid is not actually used during the extinguishing of fires while passing through the flaming combustion area without evaporation).

The expediency of special “water slug” preparation at large fire extinguishing using aircraft was determined.

The analysis of modern and promising methods of extinguishing allowed to determine the usage practicability of interspaced in time and space polydisperse atomization of the extinguishing liquid compositions.

**Keywords:** forest and peat fires; suppression of chemical reaction; fire extinguishing methods; vapor-water flows.

## REFERENCES

1. Danilov-Danilyan V. I. Prichiny i uroki torfyanykh i lesnykh pozharov 2010 goda [Causes and lessons of peat and forest fires of 2010]. *Ekologiya i zhizn — Ecology and Life*, 2010, no. 10, pp. 20–27.
2. Pidzhakov A. Yu., Reshetskii F. N., Gavrilova O. V. Primeneniye aviatsii MChS Rossii pri tushenii lesnykh pozharov [Using aviation of Russian Ministry of Emergency in putting out forest fires]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby MChS Rossii — Bulletin of St. Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia*, 2011, no. 1, pp. 68–71.
3. Ivanova L. V. Lesnyye pozhary 2010 goda — ocherednaya prichina izmeneniy v lesnom kodekse [Forest fires of 2010 — the next reason for changes in Forestry Code]. *Sever i rynek: formirovaniye ekonomicheskogo poryadka — North and Market: Formation of Economic Order*, 2011, vol. 1, no. 27, pp. 103–108.
4. Solovyev S. V. *Ekologicheskiye posledstviya lesnykh i torfyanykh pozharov. Dis. kand. tekhn. nauk* [Ecological consequences of the forest and peat fires. Cand. techn. sci. diss.]. Moscow, 2006.
5. Khoroshavin L. B., Medvedev O. A., Belyakov V. A., Bezzaponnaya O. V. Torfyanyye pozhary i sposoby ikh tusheniya [Peat fires and ways of their suppression]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 11, pp. 85–89.
6. Yevgrafov A. V. Prichiny vozniknoveniya lesnykh, torfyanykh pozharov i razrabotka novogo sposoba ikh preduprezhdeniya [Causes of occurrence of the forest, peat fires and development of a new method of its prevention]. *Niva Povolzhya*, 2009, no. 2, pp. 87–90.
7. Protasov V. V., Popov V. M., Yushin V. V., Ryzhova M. A. Aspekty vozniknoveniya i tekhnologii tusheniya shirokomasshtabnykh lesnykh pozharov [Aspects of emergence and technology of suppression large-scale forest fires]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii — Bulletin of Southwest State University. Series: Engineering and Technologies*, 2013, no. 1, pp. 199–201.
8. Sverlova L. I. *Metod otsenki pozharnoy opasnosti v lesakh po usloviyam pogody s uchetom poyasov atmosferynoy zasushlivosti i sezonov goda* [Evaluation method of fire danger in the forests under by conditions weather taking into account the zones of atmospheric dryness and year seasons]. Khabarovsk, DV UGMS Publ., 2000. 46 p.
9. Vorobyev Yu. L., Akimov V. A., Sokolov Yu. I. *Lesnyye pozhary na territorii Rossii: sostoyaniye i problemy* [Forest fires within the territory of Russia. State and problems]. Moscow, Deko-Press Publ., 2004. 312 p.
10. Subbotin A. N. Rasprostraneniye torfyanogo pozhara pri raznykh usloviyakh teplomassoobmena s vneshney sredoy [Circulation of the peat fire spread under different conditions of heat and mass transfer with outside environment]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2007, vol. 16, no. 5, pp. 42–49.

11. Kulesh R. N., Subbotin A. N. Matematicheskoye modelirovaniye teplomassoperenosa pri vosplamene-nii torfa [Mathematical modeling of heat and mass transfer at peat ignition]. *Izvestiya Tomskogo politekh-nicheskogo universiteta — Bulletin of Tomsk Polytechnic University*, 2013, vol. 323, no. 4, pp. 85–90.
12. Gorelskiy V. A., Zhiltsov K. N. Issledovaniye vozniknoveniya torfyanykh pozharov vsledstviye kole-baniy temperatur [Investigation of peat ignition due to temperature fluctuations]. *Vestnik Tomskogo go-sudarstvennogo universiteta. Matematika i mekhanika — Tomsk State University Journal of Mathematics and Mechanics*, 2012, no. 3, pp. 49–54.
13. Tsarev V. A. Ekonomicheskiy ushcherb, nanesenny prirodnymi pozharami v Rossii v 2010 godu [The economic damage by the natural fires in Russia in 2010]. *Lesotekhnicheskii zhurnal — Journal of Forestry Engineering*, 2012, no. 3, pp. 147–155.
14. Vasilyeva M. I. Pravovoye regulirovaniye lesnykh otnosheniy v novom lesnom kodekse RF [Statutory regulation of the forestry affairs in the new Forestry Code of Russian Federation]. *Zhurnal rossiyskogo prava — Journal of Russian Law*, 2007, no. 1 (121), pp. 75–86.
15. Shchetinskiy Ye. A. *Tusheniye lesnykh pozharov* [Suppression of forest fires]. Moscow, VNIILM Publ., 2002. 104 p.
16. Kovalev A. N., Zhuravleva L. A. Perspektivnyye napravleniya tusheniya nizovykh lesnykh i stepnykh pozharov [Perspective directions of suppressing forest and steppe fires]. *Nauchnaya zhizn — Scientific Life*, 2012, no. 4, pp. 153–157.
17. Grishin A. M., Zima V. P. Novyye kontseptsii, sposoby i ustroystva dlya borby s lesnymi pozharami [The new concept, ways and devices for struggle against forest fires]. *Ekologicheskiye sistemy i pribory — Ecological Systems and Devices*, 2007, no. 10, pp. 57–61.
18. Gusev V. G., Podrezov Yu. V. Novyye tekhnologii borby s lesnymi pozharami [Technological innova-tions of forest fire fighter]. *Tekhnologii grazhdanskoй bezopasnosti — Technologies of Civil Security*, 2006, vol. 3, no. 4, pp. 22–26.
19. Grishin A. M., Reyno V. V., Sazanovich V. M., Tsvyk R. Sh. Nekotoryye itogi eksperimentalnykh issle-dovaniy goreniya LGM [Some results of experiments investigation of combustion FFM]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Fizika — Bulletin of Higher Education Establishments. Physics*, 2009, vol. 52, no. 12, pp. 28–37.
20. Dolgov A. A. Laboratornyye issledovaniya sostava i opredeleniya koeffitsientov emissii produktov go-reniya lesnykh materialov [Laboratory investigations of the composition and determination of the coef-ficients of emission of the products of burning of forest materials]. *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal — Journal of Engineering Physics and Thermophysic*, 2004, vol. 77, no. 6, pp. 1253–1258.
21. Serkov B. B., Aseeva R. M., Sivenkov A. B. Fiziko-khimicheskiye osnovy goreniya i pozharnaya opas-nost drevesiny (chast 2) [Physical and chemical nature of combustion and fire hazard of wooden mate-rials (Part 2)]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti — Technologies of Technosphere Safety*, 2012, no. 1 (41), p. 1.
22. Interstate standard 12.1.044–89\*. Occupational safety standards system. Fire and explosion hazard of substances and materials. Nomenclature of indices and methods of their determination. Moscow, IPK Izdatelstvo standartov, 2001. 110 p. (in Russian).
23. Kopylov N. P., Chibisov A. L., Dushkin A. L., Kudryavtsev Ye. A. Izucheniye zakonomernostey tushe-niya tonkoraspylennoy vodoy modelnykh ochagov pozhara [Investigation of suppression regularities of standardized fire source by water spray]. *Pozharnaya bezopasnost — Fire Safety*, 2008, no. 4, pp. 45–58.
24. Paletskiy A. A., Gonchikzhapov M. B., Korobeynichev O. P. Issledovaniye piroliza lesnykh goryu-chikh materialov metodom zondovoy molekulyarno-puchkovoy mass-spektrometrii [Study of forest fuels pyrolysis using molecular beam mass spectrometry]. *Sibbezopasnost – Spassib — SIPS Siberia*, 2011, no. 1, pp. 97–98.
25. Gonchikzhapov M. B., Paletskiy A. A., Korobeynichev O. P. Kinetika piroliza lesnykh goryuchikh materialov v inertnoy/okislitelnoy srede pri bystrom i medlennom tempakh nagreva [Kinetics of pyro-lysis of forest fuels in inert/oxidizing media at the high and low heating rate]. *Sibbezopasnost – Spassib — SIPS Siberia*, 2012, no. 1, pp. 38–44.
26. Colomba Di Blasi, Carmen Branca, Antonio Galgano. Flame retarding of wood by impregnation with boric acid — Pyrolysis products and char oxidation rates. *Polymer Degradation and Stability*, 2007, vol. 92, issue 5, pp. 752–764. doi: 10.1016/j.polyimdegradstab.2007.02.007.
27. Gildas Nguila Inari, Steeve Mounquengui, Stéphane Dumarçay, Mathieu Pétrissans, Philippe Gérardin. Evidence of char formation during wood heat treatment by mildpyrolysis. *Evidence of Char Formation during Wood Heat Treatment by Mildpyrolysis*, 2007, vol. 92, issue 6, pp. 997–1002. doi: 10.1016/j.po-lyimdegradstab.2007.03.003.

28. Fei Yao, Qinglin Wu, Yong Lei, Weihong Guo, Yanjun Xu. Thermal decomposition kinetics of natural fibers: Activation energy with dynamic thermogravimetric analysis. *Polymer Degradation and Stability*, vol. 93, issue 1, pp. 90–98. doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2007.10.012.
29. Colomba Di Blasi, Carmen Branca, Antonio Galgano. Thermal and catalytic decomposition of wood impregnated with sulfur- and phosphorus-containing ammonium salts. *Polymer Degradation and Stability*, 2008, vol. 93, issue 2, pp. 335–346. doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2007.12.003.
30. Lim S. M., Chew M. Y. L. Wood pyrolysis in high temperature and its kinetics. *Journal of Applied Fire Science*, 2004, vol. 13, issue 4, pp. 339–357. doi: 10.2190/9150-W107-0U28-2583.
31. Lim S. M., Chew M. Y. L. Compensation effects in the non-isothermal pyrolysis of wood. *Fire Safety Science*, 2005, pp. 1109–1112.
32. Ying Zhang, Jinhua Sun, Jie Li, Jinhua Sun, Qingsong Wang, Xinjie Huang. Effects of altitude and sample width on the characteristics of horizontal flame spread over wood sheets. *Fire Safety Journal*, July 2012, vol. 51, pp. 120–125. doi: 10.1016/j.firesaf.2012.02.006.
33. Kuznetsov G. V., Baranovskiy N. V. *Prognoz vozniknoveniya lesnykh pozharov i ikh ekologicheskikh posledstviy* [Forecast of emergence of forest fires and their ecological consequences]. Novosibirsk, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2009. 301 p.
34. Korobeinichev O. P., Shmakov A. G., Shvartsberg V. M., Chernov A. A., Yakimov S. A., Koutsenogii K. P., Makarov V. I. Fire suppression by low-volatile chemically active fire suppressants using aerosol technology. *Fire Safety Journal*, 2012, vol. 51, pp. 102–109. doi: 10.1016/j.firesaf.2012.04.003.
35. Xiao X. K., Cong B. H., Wang X. S., Kuang K. Q., Yuen R. K. K., Liao G. X. On the behavior of flame expansion in pool fire extinguishment with steam jet. *Journal of Fire Sciences*, 2011, vol. 29, issue 4, pp. 339–360. doi: 10.1177/0734904110397812.
36. Meng N., Hu L., Liu S., Wu L., Chen L., Liu B. Full-scale experimental study on fire suppression performance of a designed water mist system for rescue station of long railway tunnel. *Journal of Fire Sciences*, 2012, vol. 30, issue 2, pp. 138–157. doi: 10.1177/0734904111428898.
37. Tang Z., Fang Z., Yuan J. P., Merci B. Experimental study of the downward displacement of fire-induced smoke by water sprays. *Fire Safety Journal*, 2013, vol. 55, pp. 35–49. doi: 10.1016/j.firesaf.2012.10.014.
38. Karpov A. I., Novozhilov V. B., Galat A. A., Bulgakov V. K. Numerical modeling of the effect of fine water mist on the small scale flame spreading over solid combustibles. *Fire Safety Science: Proceeding of Eight International Symposium*, 2005, vol. 27, pp. 753–764.
39. Gorshkov B. C., Moskvilin Ye. A., Khasanov I. R. Otsenka parametrov tusheniya lesnykh pozharov aviatsionnymi sredstvami [Parameter estimation of forest fires suppression by air means]. *Problemy prognozirovaniya chrezvychaynykh situatsiy i ikh istochnikov. Sbornik tezisev nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Forecasting problems of emergency situations and its sources. Collection of scientific and practical conference theses]. Moscow, IITS VNII GOChS Publ., 2001, pp. 34–35.
40. Khasanov I. R., Gorshkov V. S., Moskvilin Ye. A. Parametry protsessa tusheniya lesnykh pozharov pri podache vody aviatsionnoy tekhniko [Parameters of forest fires suppression process under the water supply by the aeronautical equipment]. *Lesnyye i stepnyye pozhary: vozniknoveniye, rasprostraneniye, tusheniye i ekologicheskiye posledstviya. Materialy mezhdunarodnoy konferentsii* [Forest and steppe fires: origination, spread, extinguishing and ecological consequences. Materials of the international conference]. Irkutsk, VSI MVD Rossii Publ., 2001. pp. 157–158.
41. Andryushkin A. Yu., Pelekh M. T. Effektivnost pozharotusheniya tonkoraspynennoy vodoy [Efficiency of the stewing fire by sprayed water]. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere — Risk Management Problems in the Technosphere*, 2012, vol. 21, no. 1, pp. 64–69.
42. Khasanov I. R., Moskvilin Ye. A. Aviatsionnyye metody tusheniya krupnykh lesnykh pozharov [Aviation methods of major forest fires suppression]. *Problemy goreniya i tusheniya pozharov na rubezhe vekov. Materialy XV nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Problems of combustion and suppression of fires at the turn of the century. Materials of XV Scientific Conference]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 1999, part 1, pp. 300–301.
43. Wighus R. Water mist fire suppression technology — status and gaps in knowledge. *Proceedings of the International Water Mist Conference*. Vienna, 2001, pp. 1–26.
44. Baratov A. N., Zabegaev V. I., Tsarichenko S. G. *Sposob tusheniya pozhara raspynennoy vodoy s do-bavkami* [Method of fire extinguishing by means of dispersed water with additives]. Patent RF, no. 2403927, 20.11.2010.
45. Zuyev Yu. V., Karpyshev A. V., Lepeshinskiy I. A. *Sposob pozharotusheniya s ispolzovaniyem letatel-nogo apparata i ustroystvo dlya yego osushchestvleniya* [Method of extinguishing fire by means of flying vehicle and device for realization of this method]. Patent RF, no. 2131379, 10.06.1999.

46. Kuprin G. N. *Sposob i vertoletnoye ustroystvo kombinirovannogo tusheniya pozharov lesnykh massivov i promyshlennykh obyektov (varianty)* [Method and helicopter device for combined forest and industrial fire fighting (versions)]. Patent RF, no. 2394724, 20.07.2010.
47. Staroverov N. Ye. *Sostav dlya tusheniya pozhara* [Composition for fire fighting (versions)]. Patent RF, no. 2449825, 10.05.2012.
48. Vetoshkin Yu. P., Gorelov V. V. *Vodnyy sostav dlya tusheniya pozharov* [Aqueous fire-extinguishing composition]. Patent RF, no. 2262367, 20.10.2005.
49. Grishin A. N. Obshchaya fiziko-matematicheskaya model zazhiganiya i goreniya drevesiny [General physical-mathematical model of ignition and burning of wood]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika i mekhanika — Tomsk State University Journal of Mathematics and Mechanics*, 2010, no. 2, pp. 60–70.
50. Mishchenko K. P., Ravdel A. A. *Kratkiy spravochnik fiziko-khimicheskikh velichin* [Quick-reference book of physical and chemical values]. Leningrad, Khimiya Publ., 1972. 200 p.
51. Chudinov S. V., Trofimov A. N., Uzlov G. A. *Spravochnik lesokhimiya* [Reference book of a forest chemist]. Moscow, Lesnaya promyshlennost Publ., 1987. 271 p.
52. Smagin V. V. *Penoobrazuyushchiy sostav dlya tusheniya pozharov* [Fire-extinguishing foaming composition]. Patent RF, no. 2158155, 27.10.2000.
53. Kazakov M. V. *Primeneniye poverkhnostno-aktivnykh dobavok dlya tusheniya pozharov* [Application of surfactant admixture for suppression of the fires]. Moscow, Stroyizdat, 1977. 80 p.
54. Lishchtvan I. I. Issledovaniye vozmozhnosti ispolzovaniya polimerov i PAV kak strukturoobrazovatelye torfyanykh pochv [Using feasibility investigation of polymers and surface-active agent as structure-forming agents of peat soils]. *Novyye protsessy i produkty pererabotki torfa. Sbornik statey* [New processes and products of peat processing. Collection of articles]. Moscow, Nauka i tekhnika Publ., 1982, pp. 15–19.
55. Solovyev S. V. Vybora ogetushashchikh sostavov s uchetom osobennostey svyazi vody v torfe [Choice of fire-extinguishing compositions taking into account specific features of water link in peat]. *Vestnik Akademii GPS MChS Rossii — Bulletin of State Fire Academy of Emercom of Russia*, 2004, no. 2, pp. 61–66.
56. Nikitin Yu. A. *Preduprezhdeniye i tusheniye pozharov v lesakh i na torfyaniyakh* [The prevention and suppression of the fires in the forests and on peat bogs]. Moscow, Rosselkhozizdat Publ., 1986. 96 p.
57. Solovyev S. V. *Ekologicheskiye posledstviya lesnykh i torfyanykh pozharov. Dis. kand. tekhn. nauk* [Ecological consequences of the forest and peat fires. Cand. techn. sci. diss.]. Moscow, 2006. 222 p.
58. Chernododov A. S., Khoroshilov O. A. Tekhnologicheskiye metody zamedleniya protsessa goreniya torfa [Technological methods of decrease of process of peat's burning]. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere — Risk Management Problems in the Technosphere*, 2009, no. 4, pp. 53–55.
59. Khoroshavin L. B. Razrabotka i vnedreniye nanotekhnologiy predotvrashcheniya i likvidatsii vozgoraniya torfyanikov [Development and application of prevention and liquidation nanotechnologies of peat bogs ignition]. *Uralskaya gornaya shkola — regionam. Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [The Ural Mountain School — to Regions. Book of reports of the International scientific and practical conference]. Yekaterinburg, Ural State Mining University Publ., 2011, pp. 472–473.
60. Khoroshavin L. B., Medvedev O. A., Belyakov V. A. Modifitsirovanny torf — eto torf novogo pokoleniya [The modified peat is a peat of the next generation]. *Sovremennyye nanotekhnologii. Skaniruyushchaya zondovaya mikroskopiya. Sbornik tezisev* [Modern nanotechnologies. The scanned probe microscopy. Collection of abstracts]. Yekaterinburg, Ural Federal University Publ., 2011, p. 17.
61. Kopylov S. N., Kazakov A. V., Bukhtoyarov D. V., Smirnov N. V., Kulakov V. G., Gladilin A. V., Isaev N. S., Borisov Yu. A. Mekhanizm tusheniya plameni gazovodyanymi sostavami ultradispersnogo raspyla [Flame extinguishment mechanism of gas-water compositions of ultradisperse atomization]. *Pozharnaya bezopasnost — Fire Safety*, 2014, no. 2, pp. 67–71.
62. Volkov R. S., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Chislennaya otsenka optimalnykh razmerov kapel vody v usloviyakh yeye raspyleniya sredstvami pozharotusheniya v pomeshcheniyakh [Numerical estimation of optimum sizes for water drops at the conditions of its dispersion by firefighting devices at placements]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 5, pp. 74–78.
63. Glushkov D. O., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Chislennoye issledovaniye teplomassoperenosa pri dvizhenii “tandema” kapel vody v vysokotemperaturnoy gazovoy srede [Numerical research of a heat and mass transfer when moving of “tandem” of water droplets in the high-temperature gas area]. *Teplovyye protsessy v tekhnike — Thermal Processes in Equipment*, 2012, vol. 4, no. 12, pp. 531–538.



64. Vysokomornaya O. V., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Teplomassoperenos pri dvizhenii kapel vody v vysokotemperaturnoy gazovoy srede [Heat and mass transfer in the process of movement of water drops in a high-temperature gas medium]. *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal — Journal of Engineering and Thermophysics*, 2013, vol. 86, no. 1, pp. 62–68.
65. Karpyshev A. V., Dushkin A. L., Ryazantsev N. N. Razrabotka vysokoeffektivnogo universalnogo ognetchistitelya na osnove generatsii struy tonkoraspylennykh ognetchushchikh veshchestv [Development of the highly effective universal fire extinguisher on the basis of generation of jets of sprayed fire extinguishing substances]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2007, vol. 16, no. 2, pp. 69–73.
66. Gaev D. V., Yershov A. V., Prokhorov V. P., Karpyshev A. V., Dushkin A. L. Sistema protivopozharnoy zashchity salona vagona metropolitena na baze vysokikh tekhnologiy [Metro carriage fire protection system based on high technologies]. *Problemy bezopasnosti i chrezvychaynykh situatsiy — Problems of Safety and Emergency Situations*, 2009, no. 3, pp. 67–72.
67. Dushkin A. L., Lovchinskiy S. Ye. Vzaimodeystviye plameni goryuchey zhidkosti s tonkoraspylennoy vodoy [Interaction between combustible liquid flame and water mist]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 11, pp. 53–55.
68. Dushkin A. L., Karpyshev A. V., Lovchinskiy S. Ye. Osobennosti rasprostraneniya zhidkostnoy strui v atmosfere [Liquid jet spread features in atmosphere]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 12, pp. 45–48.
69. Strizhak P. A. Chislennoye issledovaniye usloviy ispareniya sovokupnosti kapel vody pri dvizhenii v vysokotemperaturnoy gazovoy srede [Numerical investigation of evaporation conditions for set of water droplets when moving through high temperature gas area]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 8, pp. 26–31.
70. Volkov R. S., Vysokomornaya O. V., Strizhak P. A. Chislennoye issledovaniye usloviy vzaimodeystviya dispergirovannogo flegmatizatora goreniya s vysokotemperaturnymi produktami sgoraniya [Numerical research of interaction conditions between the dispersed combustion phlegmatizer and the high-temperature combustion products]. *Bezopasnost truda v promyshlennosti — Safety of Work in the Industry*, 2012, no. 10, pp. 74–79.
71. Andreev G. G., Glushkov D. O., Panin V. F., Strizhak P. A. Teplomassoperenos pri vzaimodeystvii dispergirovannogo flegmatizatora goreniya s vysokotemperaturnymi produktami sgoraniya [Heat and mass transfer when interacting between the dispersed combustion phlegmatizer and the high-temperature combustion products]. *Butlerovskiyе soobshcheniya — Butlerov Communications*, 2012, vol. 31, no. 8, pp. 86–94.
72. Strizhak P. A. Chislenny analiz protsessа ispareniya kapli, dvizhushcheysya v struye vody cherez vysokoskorostnyye produkty sgoraniya [The numerical analysis of the drop evaporation process moving in a water stream through high-velocity products of combustion]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 9, pp. 17–23.
73. Zhdanova A. O., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Vliyaniye raspredeleniya kapel vody v “vodyanom snaryade” na temperaturu v yego slede [Influence of water droplets distribution in the “water shell” on temperature in follow movement]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 2, pp. 9–17.
74. Volkov R. S., Vysokomornaya O. V., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Eksperimentalnoye issledovaniye zakonmernostey ispareniya tonkoraspylennoy vody pri dvizhenii cherez vysokotemperaturnyye produkty sgoraniya [Experimental research of water mist evaporation regularities when moving through the high-temperature combustion products]. *Butlerovskiyе soobshcheniya — Butlerov Communications*, 2013, vol. 35, no. 9, pp. 38–46.
75. Isaev S. A., Baranov P. A., Prigorodov Yu. S., Sudakov A. G., Usachov A. Ye. Chislenny analiz vliyaniya szhimayemosti na turbulentoye, simmetrichnoye obtekaniye vyazkim gazom tsilindra s krugovoy vikhrevoy yacheykoy [Numerical analysis of the influence of the compressibility of a viscous gas on its turbulent flow around a cylinder with a circular vortex cell]. *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal — Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2008, vol. 81, no. 2, pp. 351–358.
76. Kuznetsov G. V., Sheremet M. A. Matematicheskoye modelirovaniye slozhnogo teploperenosa v zamknotoy pryamougolnoy oblasti [Mathematical modelling of complex heat transfer in a rectangular enclosure]. *Teplofizika i aeromekhanika — Thermophysics and Aeromechanics*, 2009, vol. 16, no. 1, pp. 119–128.

77. Isaev S. A., Lysenko D. A. Testirovaniye chislennykh metodov, konvektivnykh skhem, algoritmov approksimatsii potokov i setochnykh struktur na primere sverkhzvukovogo techeniya v stupenchatom kanale s pomoshchyu paketov CFX i FLUENT [Testing of numerical methods, convective schemes, algorithms for approximation of flows, and grid structures by the example of a supersonic flow in a step-shaped channel with the use of the CFX and FLUENT packages]. *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal — Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2009, vol. 82, no. 2, pp. 321–326.
78. Strizhak P. A. Vliyaniye raspredeleniya kapel v “vodyanom snaryade” na temperaturu i kontsentratsiyu produktov sgoraniya v yego slede [Influence of droplet distribution in a “water slug” on the temperature and concentration of combustion products in its wake]. *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal — Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2013, vol. 86, no. 4, pp. 895–904.
79. Strizhak P. A. Chislennyy analiz diffuzionno-konvektivnykh protsessov teplomassoperenosa pri dvizhenii kapel vody cherez vysokotemperaturnyye produkty sgoraniya [Numerical analysis of diffusion and convection heat and mass transfer processes at the moving of water drops through high combustion products]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 7, pp. 11–21.
80. Strizhak P. A. Influence of droplet distribution in a “water slug” on the temperature and concentration of combustion products in its wake. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2013, vol. 86, no. 4, pp. 895–904. doi: 10.1007/s10891-013-0909-9.
81. Volkov R. S., Vysokomornaya O. V., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Eksperimentalnoye issledovaniye zakonmernostey ispareniya tonkoraspylennoy vody pri dvizhenii cherez vysokotemperaturnyye produkty sgoraniya [Experimental research of evaporation regularities for pulverized water moving through high-temperature combustion products]. *Butlerovskiye soobshcheniya — Butlerov Communications*, 2013, vol. 35, no. 9, pp. 38–46.
82. Volkov R. S., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. O nekotorykh fizicheskikh zakonmernostyakh ispareniya raspylennoy vody pri dvizhenii cherez vysokotemperaturnyye produkty sgoraniya [About some physical regularities of the sprayed water evaporation when moving through high-temperature combustion products]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta — Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2013, vol. 323, no. 2, pp. 201–207.
83. Volkov R. S., Vysokomornaya O. V., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Eksperimentalnoye issledovaniye izmeneniya massy kapel vody pri ikh dvizhenii cherez vysokotemperaturnyye produkty sgoraniya [Experimental study of the change in the mass of water droplets in their motion through high-temperature combustion products]. *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal — Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2013, vol. 86, no. 6, pp. 1413–1418.
84. Shumikhin A. A., Karpov A. I., Korepanov M. A., Novozhilov V. B. Chislennoye issledovaniye vozdeystviya tonkoraspylennoy vody na turbulentnoye diffuzionnoye plamya [Numeric simulation of the water mist effect on the turbulent diffusion flame]. *Khimicheskaya fizika i mezoskopiya — Chemical Physics and Mesoscopy*, 2012, vol. 14, no. 3, pp. 391–400.
85. Vysokomornaya O. V., Markov A. O., Nazarov M. N., Strizhak P. A., Yanov S. R. Chislennoye issledovaniye vliyaniya usloviy raspyleniya vody na temperaturu v slede “vodyanogo snaryada” [Numerical research of influence of water dispersion conditions on temperature in “water shell” trace]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta — Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2013, vol. 322, no. 4, pp. 24–31.
86. Vysokomornaya O. V., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Teplomassoperenos pri dvizhenii kapel vody v vysokotemperaturnoy gazovoy srede [Heat and mass transfer in the process of movement of water drops in a high-temperature gas medium]. *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal — Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2013, vol. 86, no. 1, pp. 62–68.
87. Isachenko V. P. *Teploobmen pri kondensatsii* [Heat exchange at condensation]. Moscow, Energiya Publ., 1977. 239 p.
88. Vysokomornaya O. V., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Heat and mass transfer in the process of movement of water drops in a high-temperature gas medium. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2013, vol. 86, no 1, pp. 62–68.
89. Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Vliyaniye formy kapli vody na rezultaty matematicheskogo modelirovaniya yeye ispareniya pri dvizhenii cherez vysokotemperaturnyye produkty sgoraniya [Influence of water droplet shape on the mathematic simulation results of its evaporation when moving through the high-temperature combustion products]. *Teplovyeye protsessy v tekhnike — Thermal Processes in Equipment*, 2013, no. 6, pp. 254–261.
90. Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Otsenka effektivnosti ispolzovaniya teploty ispareniya vody pri tushenii lesnykh pozharov [Evaluation of efficiency using water evaporation heat at the forest fire quenching]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 9, pp. 57–63.

91. Gnezdilov N. N., Kozlov I. M., Dobrego K. V. Matematicheskoye modelirovaniye gorennya torfyanogo sloya. Vliyaniye kondensatsii parov vody [Mathematical simulation of the combustion of a peat bed. Influence of steam condensation]. *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal — Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2012, vol. 58, no. 5, pp. 1066–1075.
92. Goreshnev M. A., Kazarin A. N., Lopatin V. V., Sekisov F. G., Smerdov O. V. Kombinirovannyy metod sushki drevesiny [Combined timber drying method]. *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal — Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2013, vol. 86, no. 2, pp. 336–339.
93. Zhdanova A. O., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Chislennoye issledovaniye ispareniya plenki vody na poverkhnosti lesnogo goryuchego materiala [Numerical investigation of water film evaporation on the surface of forest fuel], *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 6, pp. 18–25.
94. Zhdanova A. O., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Chislennoye issledovaniye fiziko-khimicheskikh protsessov pri isparenii vody v porakh pripoverkhnostnogo sloya lesnogo goryuchego materiala [Numerical investigation of physicochemical processes occurring during water evaporation in the surface layer pores of a forest combustible material]. *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal — Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2014, vol. 87, no. 4, pp. 773–781.
95. Joseph P., Nichols E., Novozhilov V. A comparative study of the effects of chemical additives on the suppression efficiency of water mist. *Fire Safety Journal*, 2013, vol. 58, pp. 221–225. doi: 10.1016/j.firesaf.2013.03.003.
96. Zhou X., D'Aniello S. P., Hong-Zeng Yu. Spray characterization measurements of a pendent fire sprinkler. *Fire Safety Journal*, 2012, vol. 54, pp. 36–48. doi: 10.1016/j.firesaf.2012.07.007.
97. Yoshida A., Udagawa T., Momomoto Y., Naito H., Saso Y. Experimental study of suppressing effect of fine water droplets on propane/air premixed flames stabilized in the stagnation flowfield. *Fire Safety Journal*, 2013, vol. 58, pp. 84–91. doi: 10.1016/j.firesaf.2013.01.025.
98. Korobeynichenov O. P., Shmakov A. G., Chernov A. A., Bolshova T. A., Shvartsberg V. M., Kutsenogiy K. P., Makarov V. I. Tusheniye pozharov s pomoshchyu aerorozley rastvorov soley [Fire suppression by aerosols of aqueous solutions of salts]. *Fizika gorennya i vzryva — Combustion, Explosion, and Shock Waves*, 2010, vol. 46, no. 1, pp. 16–20.
99. Volkov R. S., Zhdanova A. O., Strizhak P. A. Eksperimentalnoye issledovaniye integralnykh kharakteristik ispareniya tipichnykh raspylenykh tushashchikh zhidkostey pri ikh dvizhenii cherez plamya [Experimental investigation of integral evaporation characteristics of the typical atomized extinguishing liquids when moving through a flame]. *Bezopasnost truda v promyshlennosti — Safety of Work in the Industry*, 2013, no. 12, pp. 33–37.
100. Volkov R. S., Zabelin M. V., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Vliyaniye tverdykh vkluycheniy v kaplyakh zhidkosti na intensivnost paroobrazovaniya v zone plameni [Influence of solid inclusions in liquid drops on evaporation intensity in the flame]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 5, pp. 10–17.

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

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

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

УДК 614.84.664

## ГОРЕНИЕ ГЕПТАНА В МОДЕЛЬНОМ РЕЗЕРВУАРЕ

Определены основные параметры модельного резервуара, используемого для определения эффективности пенообразователей при тушении пожаров горючих жидкостей. Выявлена взаимосвязь между основными параметрами, характеризующими тепловой режим горения. Анализ результатов экспериментов показывает справедливость принятых допущений, что величина теплового потока от факела пламени складывается из удвоенных затрат тепла на испарение горючей жидкости в процессе горения.

**Ключевые слова:** модельный резервуар; эффективность пенообразователей; удельная массовая скорость выгорания.

Скорость испарения жидкости определяется суммой мольного и диффузионного потоков пара. Детальный анализ процесса испарения с открытой поверхности был дан Стефаном [1], поэтому формула, описывающая испарение жидкости с учетом мольных потоков, носит его имя — формула Стефана. С ее помощью можно проанализировать влияние на скорость испарения горючей жидкости (ГЖ) основных параметров, изменяющихся в процессе тушения водой:

- температуры поверхности;
- температуры газовой фазы;
- толщины диффузионного слоя;
- структуры молекул горючего через коэффициент диффузии молекул в паровой фазе;
- концентрации паров жидкости в окружающей среде.

Удельная скорость испарения ГЖ  $u_m^0$  (кг/(м<sup>2</sup>·с)) определяется по формуле

$$u_m^0 = \frac{D_0}{RT_0} \left( \frac{T_F}{T_0} \right)^m \frac{P_a}{\delta} \ln \frac{P_a - P_1}{P_a - P_s}, \quad (1)$$

где  $D_0$  — коэффициент диффузии молекул ГЖ в газовой фазе при нормальной температуре  $T_0$ , м<sup>2</sup>/с;

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

$T_F$  — температура газовой фазы, К;

$P_a$  — атмосферное давление, Па;

$\delta$  — толщина диффузионного слоя, м;

$P_1$  — давление пара ГЖ в окружающей среде на расстоянии от поверхности, равном толщине диффузионного слоя  $\delta$ , Па;

$P_s$  — давление насыщенного пара ГЖ при температуре ее поверхности  $T_s$ , Па.

Показатель степени  $m$  для углеводородов приблизительно равен двум:  $m = 2$ .

В соответствии с формулой Стефана [1] скорость выгорания (испарения) будет тем выше, чем больше давление пара жидкости  $P_s$  и чем выше температура в газовой фазе [2]. При горении давление пара ГЖ  $P_1$ , как правило, очень мало, поскольку его величина определяется в зоне горения, а толщина диффузионного слоя измеряется от поверхности ГЖ до зоны горения. При ламинарном горении ГЖ в цилиндрических горелках толщина диффузионного слоя равна высоте свободного борта, а при турбулентном горении — фактическому расстоянию до факела пламени [3, 4].

Цель данной работы — определить основные параметры модельного резервуара из стали низкой прочности, с толщиной стенок (1±0,5) мм, внутренним диаметром (150±5) мм, высотой (200±5) мм, который используется для определения эффективности пенообразователей при тушении пожаров горючих жидкостей по ГОСТ Р 53280.2–2010 “Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 2. Пенообразователи для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах. Общие технические требования и методы испытаний”.

Полагая в первом приближении, что скорость выгорания жидкости численно равна скорости ее испарения в условиях пожара [5], можно выявить однозначную взаимосвязь между основными параметрами, характеризующими тепловой режим горения.



В установившемся режиме горения скорость выгорания определяется потоком тепла от факела пламени к поверхности жидкости при коэффициенте Рейнольдса более 2300:

$$u_m^0 = 0,5[\alpha(T_f - T_s)]/Q_r, \quad (2)$$

где  $T_f$  — температура факела пламени, К;  
 $\alpha$  — коэффициент теплоотдачи, Дж/(с·м<sup>2</sup>·К);  
 $Q_r$  — удельная теплота нагревания и испарения ГЖ, Дж/кг.

Коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  определяется из эксперимента. Его величина практически постоянна при горении веществ одного гомологического ряда, например при пожарах углеводородов  $\alpha \cong (24 \pm 2)$  Дж/(с·м<sup>2</sup>·К) [1]. При горении метанола и альдегидов, в молекулах которых атомов кислорода не меньше, чем атомов углерода, пламя практически прозрачно, поэтому величина лучистого потока к поверхности горения заметно ниже, чем при горении углеводородов [6]. Для этих систем  $\alpha = (18 \pm 1)$  Дж/(с·м<sup>2</sup>·К) [1].

Формула (2) показывает взаимосвязь основных параметров в процессе горения. Из нее видно, что скорость выгорания будет тем выше, чем больше температура пламени и ниже температура поверхности горения. Введением множителя 0,5 учитывается доля теплового потока, который поступает в горючую жидкость и поднимает ее среднюю температуру.

**Таблица 1.** Параметры модельного резервуара

Параметр резервуара	Значение параметра
Высота $H$ , м	0,2
Диаметр $D$ , м	0,15
Площадь $S$ , м <sup>2</sup>	0,0176
Плотность гептана $\rho_r$ , кг/м <sup>3</sup>	684
Удельная теплоемкость $C_v$ , кДж/(кг·К)	1,00
Энтальпия конденсата $Q_r$ , кДж/кг	410

**Таблица 2.** Результаты измерений

Высота свободного борта от ГЖ $H$ , м	Высота ГЖ в резервуаре $H_0$ , м	$\tau$ , с	$\Delta m$ , кг	$T$ , °С	$T_0$ , °С	Разница температур ГЖ до и после тушения $\Delta t$ , °С	Объем ГЖ в резервуаре $V_r$ , м <sup>3</sup>
0,045	0,155	30	0,0063	23,5	21,5	2,0	0,0027
0,045	0,155	60	0,0112	27,6	24,3	3,3	0,0027
0,045	0,155	120	0,0234	33,8	28,6	5,2	0,0027
0,010	0,190	30	0,0063	27,3	25,5	1,8	0,0033
0,010	0,190	60	0,0104	29,8	27,2	2,6	0,0033
0,010	0,190	120	0,0230	33,8	29,4	4,4	0,0033
0,050	0,150	30	—	21,0	18,7	2,3	0,0026
0,050	0,150	60	—	26,0	21,9	4,1	0,0026
0,050	0,150	120	—	32,6	26,4	6,2	0,0026

Величину теплового потока, поступающего в горючую жидкость, можно определить экспериментально, измеряя повышение температуры горючего после прекращения горения, которое можно реализовать, например, накрыв горящую емкость крышкой. Затем жидкость перемешивают и измеряют температуру до и после горения [7]. Величина теплового потока  $q$  (кДж/(м<sup>2</sup>·с)) рассчитывается по формуле

$$q = \frac{C \Delta m (T - T_0)}{S \tau}, \quad (3)$$

где  $C$  — удельная теплоемкость, кДж/(кг·К);  
 $\Delta m$  — разность между массами гептана до начала и после окончания горения, кг;  
 $T$  — конечная температура, К;  
 $S$  — площадь поверхности горения, м<sup>2</sup>;  
 $\tau$  — время свободного горения, с.

Удельная массовая скорость выгорания жидкости определяется экспериментально по изменению массы жидкости за определенный промежуток времени. По существу, анализируется процесс испарения горючей жидкости, но по аналогии с горением предварительно перемешанных газовых смесей на диффузионное горение жидкости автоматически переносится адекватность понятий скорости подачи газовой смеси (здесь — испарения) и скорости горения (здесь — выгорания) [8]. Удельная массовая скорость выгорания  $U$  (кг/(м<sup>2</sup>·с)) определяется параллельно с измерениями температуры горючей жидкости и рассчитывается по формуле

$$U = \Delta m / (S \tau). \quad (4)$$

В отличие от кинетического режима горения скорость горения жидкости, а точнее ее паров в смеси с воздухом, отличается от скорости испарения. Если рассматривать процесс горения жидкости с точки зрения выхода конечных продуктов сгорания, то их суммарная масса или объем, выделившийся за единицу времени и приведенный к нормальным условиям, окажется в 90...95 раз больше, чем рас-

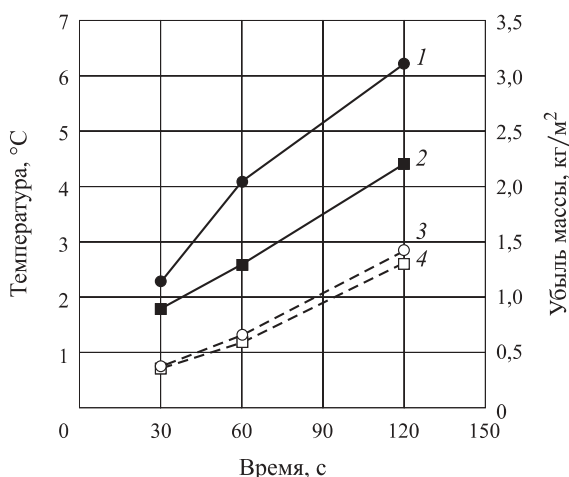


Рис. 1. Зависимость температуры (1, 2) и массы (3, 4) гептана от времени свободного горения при тепловом потоке от факела пламени и  $H$ , равном 0,01 м (1, 3) и 0,045 м (2, 4)

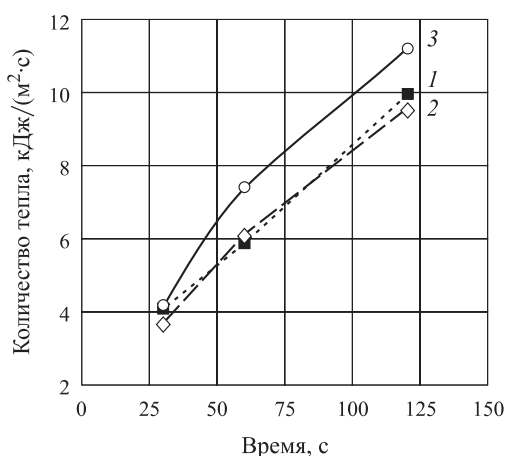


Рис. 2. Зависимость количества тепла, перешедшего через поверхность горения в слой горючей жидкости, от времени горения при  $H$ , равном 0,01 м (1), 0,045 м (2) и 0,05 м (3)

ход горючего газа. Этот результат является естественным, поскольку для окисления одного объема горючего газа необходимо 90...95 объемов воздуха.

В экспериментах применялся модельный резервуар с параметрами, приведенными в табл. 1.

Результаты проведенных экспериментов представлены в табл. 2.

Результаты обработки экспериментальных данных приведены на рис. 1–3.

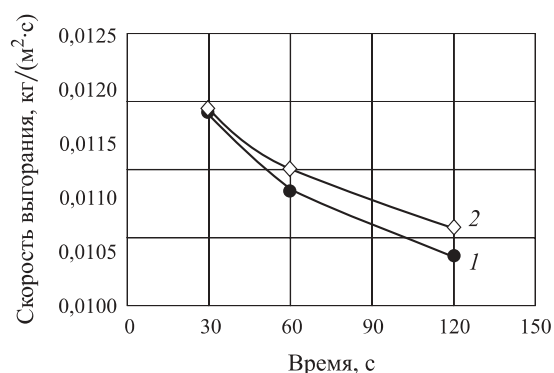


Рис. 3. Зависимость удельной массовой скорости выгорания (испарения) гептана в модельном резервуаре от времени свободного горения при  $H$ , равном 0,01 м (1) и 0,045 м (2)

Анализ результатов измерений показывает справедливость допущений, принятых в соответствии с формулой (2), в которой величина теплового потока от факела пламени складывается из удвоенных затрат тепла на испарение горючей жидкости в процессе горения.

Количество тепла, поглощенного горючей жидкостью, постепенно нарастает со временем свободного горения. Так же постепенно увеличивается и убыль массы горючего. Однако темпы нарастания этих параметров непропорциональны отрезкам времени, поэтому удельная скорость выгорания постепенно снижается по мере свободного горения, хотя это снижение и незначительно (в пределах 10 % от среднего значения).

Высота свободного борта влияет на процесс накопления тепловой энергии как дополнительный источник тепла: разогревшись до высокой температуры, он передает тепло по металлическим стенкам к поверхности горячей жидкости. Вклад доли тепла, получаемого ГЖ от свободной стенки, составляет 10–15 % от потока, поступающего непосредственно к поверхности горячей жидкости от факела пламени.

В результате проведенных исследований определены основные параметры, характеризующие модельный резервуар, который используется для определения эффективности пенообразователей при тушении пожаров горючих жидкостей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шароварников А. Ф., Молчанов В. П., Воевода С. С., Шароварников С. А. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. — М. : Изд. дом “Калан”, 2002. — 448 с.
2. Maxwell J. C. The scientific papers. — Cambridge : University Press, 1890. — Vol. II. — С. 639.
3. Блинов В. И., Худяков Г. Н. Диффузионное горение жидкостей. — М. : АН СССР, 1961. — 208 с.
4. Горшков В. И. Тушение пламени горючих жидкостей. — М. : Пожнаука, 2007. — 267 с.
5. Худяков Г. Н. Выгорание жидкостей со свободной поверхности // Известия АН СССР. Отделение технических наук. — 1945. — № 10. — С. 11–15.

6. Сполдинг Д. Б. Горение и массообмен / Пер. с англ. — М. : Машиностроение, 1985. — 240 с.
7. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф., Дегаев Е. Н. Лабораторная методика определения изолирующих свойств пены на поверхности гептана // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 4. — С. 72–76.
8. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Универсальность механизмов тушения пламени различными огнетушащими веществами // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 11. — С. 84–88.

Материал поступил в редакцию 18 декабря 2014 г.

English

## COMBUSTION OF HEPTANE IN A MODEL TANK

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

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

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

### ABSTRACT

Key parameters of a model tank used for determination of efficiency of foam agents during suppression of fire of combustible liquids are determined. The interrelation between key parameters characterizing the thermal mode of burning is revealed. Analysis of experimental results shows the justice of assumptions that the size of a heat flow from a flame torch consists of doubled heat costs for evaporation of combustible liquid while burning.

**Keywords:** model tank; efficiency of foam agents; mass burnout rate.

### REFERENCES

1. Sharovarnikov A. F., Molchanov V. P., Voevoda S. S., Sharovarnikov S. A. *Tusheniye pozharov nefi i nefteproduktov* [Fire extinguishing of oil and oil products]. Moscow, Kalan Publ., 2002. 448 p.
2. Maxwell J. C. *The scientific papers*. Cambridge, University Press, 1890, vol. II, p. 639.
3. Blinov V. I., Khudyakov G. N. *Diffuzionnoye gorenije zhidkostey* [Diffusion burning of liquids]. Moscow, Russian Academy of Sciences Publ., 1961. 208 p.
4. Gorshkov V. I. *Tushenie plameni goryuchikh zhidkostey* [Extinguishing of combustible liquids' flame]. Moscow, Pozhnauka Publ., 2007. 267 p.
5. Khudyakov G. N. Vygoraniye zhidkostey so svobodnoy poverkhnosti [Burn-out of liquids from a free surface]. *Izvestiya AN SSSR. Otdeleniye tekhnicheskikh nauk. — Bulletin of Russian Academy of Sciences. Department of Engineering Sciences*, 1945, no. 10, pp. 11–15.
6. Spalding D. B. *Combustion and mass transfer*. Pergamon Press, Oxford, 1979 (Russ. ed.: Spalding D. B. Gorenije i massobmen. Moscow, Mashinostroeniye Publ., 1985. 240 p.).
7. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F., Degaev E. N. Laboratornaya metodika opredeleniya izoliruyushchikh svoystv peny na poverkhnosti heptana [Laboratory standard technique for insulating properties of foam on heptane surface]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 4, pp. 72–76.
8. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F. Universalnost mekhanizmov tusheniya plameni razlichnymi ognetushashchimi veshchestvami [Universality of mechanisms of fire suppression by various extinguishing agents]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 11, pp. 84–88.

**Е. И. ХИЛЬ**, адъюнкт кафедры общей и специальной химии, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: gpslab@yandex.ru)

**М. И. САУТИЕВ**, адъюнкт кафедры общей и специальной химии, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: gpslab@yandex.ru)

**А. Ф. ШАРОВАРНИКОВ**, д-р техн. наук, профессор кафедры комплексной безопасности в строительстве, Московский Государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: kafedrapb@yandex.ru)

**Д. Л. БАСТРИКОВ**, канд. техн. наук, начальник кафедры общей и специальной химии, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: dlbastrikov@mail.ru)

УДК 614.84.664

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОГNETУШАЩАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УГЛЕВОДОРОДНЫХ И ФТОРСОДЕРЖАЩИХ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Рассматривается огнетушащая эффективность пен, полученных из рабочих растворов углеводородного и фторсодержащего пенообразователей. Показано превосходство пленкообразующего пенообразователя по таким параметрам тушения, как время тушения и удельный расход. Рассмотрена проблема тушения многокомпонентными пенообразователями. Проведены экспериментальные исследования по тушению пламени углеводорода пеной, полученной из растворов поверхностно-активных веществ с различным соотношением коэффициентов растекания.

**Ключевые слова:** пенообразователь; огнетушащая эффективность; поверхностное натяжение; коэффициент растекания.

Огнетушащая эффективность пены в первую очередь определяется химическим составом пенообразователя. Поскольку химический состав основных компонентов пенообразователей — поверхностно-активных веществ (ПАВ) обычно не раскрывается изготовителем пенообразователя, единственным экспериментальным способом подтверждения идентичности различных партий пенообразователя является определение поверхностного и межфазного натяжения водных растворов на границе с воздухом и углеводородом. Важность этих измерений связана с попытками разработчиков снизить содержание стабилизирующих добавок, таких как фторированные ПАВ.

На первом этапе проводятся выборочные измерения поверхностного натяжения рабочих растворов, которые предусмотрены изготовителем. Если оно выше 28 мН/м, то пенообразователь является чисто углеводородным; если составляет от 27 до 22 мН/м, то пенообразователь содержит добавки высших жирных спиртов или фторированных ПАВ; если ниже 21 мН/м, то пенообразователь является фторсодержащим.

Отдельную группу составляют пленкообразующие пенообразователи, поверхностное натяжение водных растворов которых должна быть ниже 18 мН/м, а межфазное натяжение на границе с гептаном — менее 2,0 мН/м. На основе комплексных

измерений поверхностного и межфазного натяжения рассчитывают коэффициент растекания водного раствора по гептану. Для этого используется известное соотношение [1]:

$$f_{p/\Gamma} = \sigma_{\Gamma} - (\sigma_p + \sigma_{\text{мф}}), \quad (1)$$

где  $f_{p/\Gamma}$  — коэффициент растекания раствора по углеводороду (гептану);

$\sigma_p$ ,  $\sigma_{\Gamma}$ ,  $\sigma_{\text{мф}}$  — поверхностное натяжение соответственно водного раствора, горючей жидкости (ГЖ) и на границе *раствор – углеводород*.

Для углеводородных пенообразователей, у которых поверхностное натяжение выше, чем у гептана, коэффициент растекания раствора по горючему отрицателен, поэтому рассчитывают коэффициент растекания гептана по раствору:

$$f_{\Gamma/p} = \sigma_p - (\sigma_{\Gamma} + \sigma_{\text{мф}}). \quad (2)$$

Обеспечить условие  $f_{p/\Gamma} > 0$  удастся только при использовании особой группы фторсодержащих пенообразователей, которые позволяют снизить поверхностное натяжение водного раствора до необычайно низких величин — меньших, чем поверхностное натяжение углеводорода.

Этот случай описывается следующим набором параметров:

$$f_{p/\Gamma} > 0; f_{p/\Gamma} > f_i/f_p; \sigma_p \ll \sigma_{\Gamma}. \quad (3)$$



Параметр  $f_{г/р}$  вводится для демонстрации возможности растекания углеводородной смеси по водному раствору. Если концентрация пенообразователя очень мала и не обеспечивает существенного снижения поверхностного натяжения, то оба коэффициента растекания могут иметь отрицательный знак.

Сопоставление отрицательных параметров коэффициентов растекания позволяет судить о преимущественном смачивании в системе *водный раствор – гептан* и прогнозировать контактную устойчивость пены на горящей поверхности гептана.

Цель данной работы — провести экспериментальные исследования по тушению пламени гептана пеной, полученной из растворов ПАВ с различным соотношением коэффициентов растекания в системе *раствор – гептан*. Экспериментальные измерения зависимости времени тушения от интенсивности подачи пены проводили на установке с модельным резервуаром, которая описана в ГОСТ Р 53280.2–2010 [2]. Там же приведена методика измерения поверхностного натяжения методом отрыва кольца. В отличие от процедуры измерений по ГОСТ Р 53280.2–2010 пену подавали на горящую поверхность гептана сверху, с высоты 5 см над уровнем горячего [3]. Конструкция модельного резервуара такова, что горячее охлаждается за счет циркуляции холодной воды в рубашке резервуара. Наличие водяной рубашки позволяет повысить воспроизводимость результатов тушения пламени гептана за счет поддержания температуры гептана перед тушением в узком диапазоне температур — от 19 до 21 °С. За счет охлаждения стенок резервуара в процессе свободного горения сокращается период времени с момента локализации до полного тушения пламени. Именно этот отрезок времени вносит неопределенность в процесс тушения, когда пеной покрыта вся поверхность горения, но пламя периодически возникает около перегретых стенок резервуара. При необходимости циркуляцию воды на охлаждение отключают и сливают из рубашки воду.

На рис. 1 приведены кривые, характеризующие время тушения пламени гептана углеводородными и фторсодержащими пенообразователями, а также кривые, иллюстрирующие удельный расход пенообразователя на тушение единицы площади поверхности гептана.

Анализ результатов измерений проводили по методике, описанной в работах [3, 4]. Выделялись три характерных параметра: критическая интенсивность, оптимальная интенсивность и минимальный удельный расход пенообразователя на тушение единицы площади поверхности гептана.

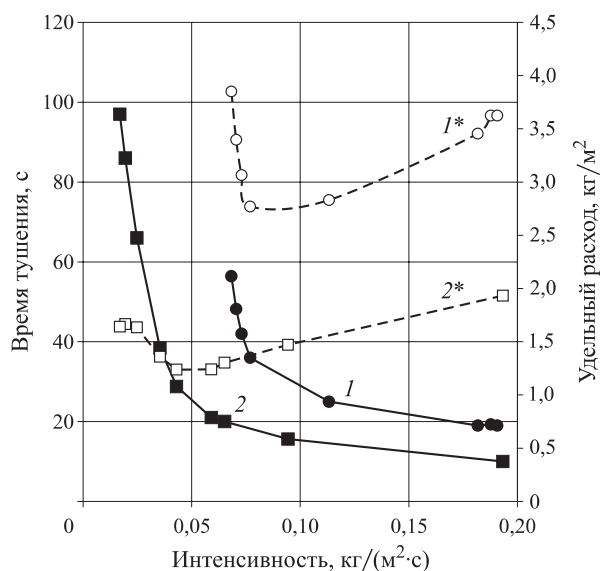


Рис. 1. Зависимость времени тушения пламени гептана (1, 2) и удельного расхода (1\*, 2\*) пенообразователей с углеводородным стабилизатором “Эльфтор” (1, 1\*) и фторированным “Кемгард ФС-226” (2, 2\*) от интенсивности подачи пены низкой кратности

Удельный расход пенообразователя рассчитывали умножением времени тушения на соответствующую интенсивность подачи пены.

Критическая интенсивность для пены, полученной из фторированного пенообразователя, оказалась почти в 4 раза ниже, чем из углеводородного, соответственно и удельный расход пенообразователя снизился с 2,7 до 1,3 кг/м².

Оптимальную интенсивность определяли по положению минимума удельного расхода пенообразователя на рис. 1. Судя по положению минимума на кривой удельного расхода пенообразователя, оптимальная интенсивность подачи пены, полученной из фторированного пенообразователя, снизилась с 0,08 до 0,03 кг/(м²·с).

Процесс тушения пламени способом подачи пены на поверхность горящего гептана сопровождается разрушением пены. Механизм разрушения пены рассматривался в ряде работ, при этом основное действие сводилось к термическому воздействию факела пламени непосредственно на пену и контактному разрушению пены разогретой поверхностью горящего углеводорода.

Причина как контактного, так и термического разрушения пены авторы [4] связывают с утратой молекулами стабилизаторов поверхностной активности при нагревании раствора в водных пленках. Фторированные ПАВ более активны, поэтому утрачивают поверхностную активность при более высоких температурах, и пены на их основе более устойчивы к действию теплового потока.

Как и следовало из работ [1, 4], величина оптимальной интенсивности отличается от критической

в 2–3 раза в зависимости от вида ПАВ и структуры пены.

Характер взаимодействия водного раствора пенообразователей с гептаном определяется величиной межфазного натяжения и комплексом, который характеризуется коэффициентом растекания. Чем выше коэффициент растекания, тем быстрее слой пены растекается по горячей поверхности гептана.

Рассмотрим результаты измерений поверхностного натяжения на границе водного раствора пенообразователей с воздухом и гептаном (рис. 2).

Поверхностное натяжение растворов пенообразователей с углеводородными ПАВ при их концентрации около 1 % масс. составило порядка 30 мН/м, а с фторированными, как и ожидалось, ниже, чем у гептана (20,3 мН/м) — 17–18 мН/м. Отсюда следует, что первый пенообразователь относится к чисто углеводородным, а второй — к пенообразователям на фторированной основе.

На основе изотерм поверхностного и межфазного натяжения рассчитаны коэффициенты растекания в системе *водный раствор пенообразователя – гептан*. Анализ кривых, иллюстрирующих зависимость коэффициентов растекания в данной системе, позволил выявить диапазон концентраций фторированного пенообразователя, в котором может проявляться его пленкообразующая способность. Здесь при разрушении пены часть водного раствора начинает самопроизвольно растекаться по поверхности гептана. Пена из растворов этого пенообразователя должна обладать высокой огнетушащей способностью, что и подтверждено экспериментальными исследованиями, представленными на рис. 3.

Растворы углеводородного пенообразователя не только не способны к растеканию по гептану, но и преимущественно смачиваются гептаном. Во всем диапазоне исследованных концентраций коэффициент растекания горючего по пленкам из раствора пенообразователя “Эльфор” имеет положительную величину, а пена, полученная из него, быстро разрушается при контакте с нагретой поверхностью гептана. В результате огнетушащая эффективность углеводородного пенообразователя значительно хуже, чем фторированного.

Результаты комплексных измерений поверхностной активности и огнетушащей эффективности показали определяющую роль коэффициента растекания по углеводороду.

Существует множество вариантов сочетания поверхностного и межфазного натяжения. Представленные на рис. 2 результаты измерений показывают, что поверхностное натяжение достигает минимальных значений при концентрации, равной критической концентрации мицеллообразования (ККМ). Поскольку пенообразователи, как правило, состоят из

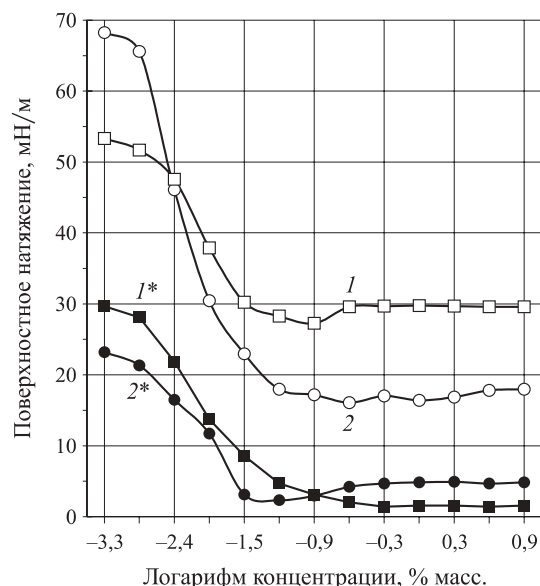


Рис. 2. Изотермы поверхностного (1, 2) и межфазного (1\*, 2\*) натяжения водных растворов пенообразователей с углеводородным стабилизатором “Эльфор” (1, 1\*) и фторированным “Кемгард ФС-226” (2, 2\*)

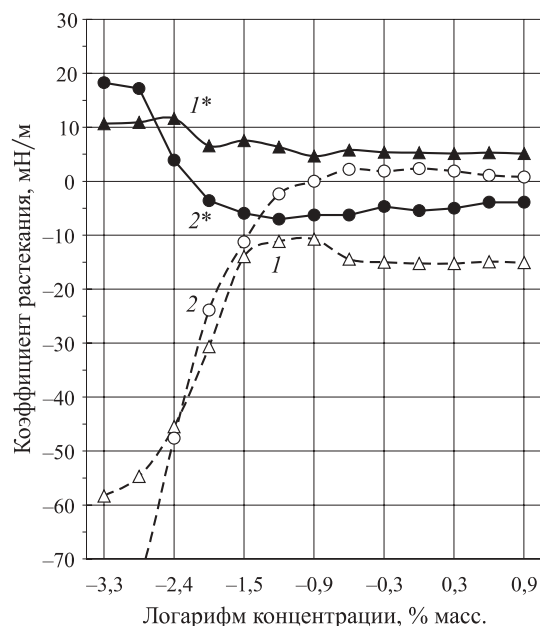
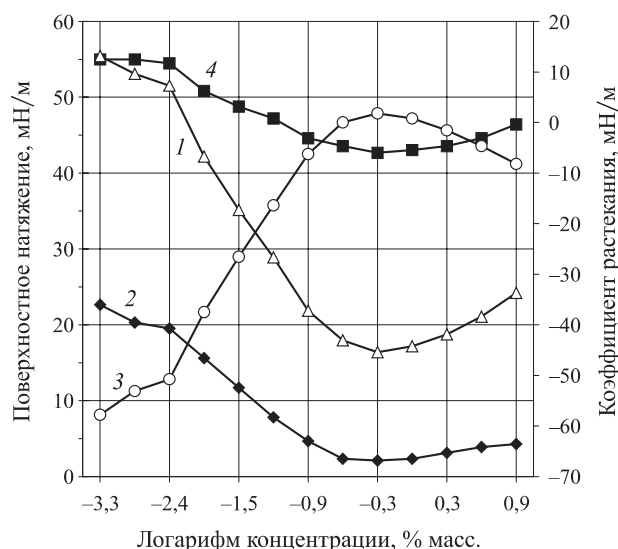


Рис. 3. Зависимость коэффициентов растекания гептана по раствору (1, 2) и раствора по гептану (1\*, 2\*) для водных растворов углеводородного пенообразователя “Эльфор” (1, 1\*) и фторированного “Кемгард ФС-226” (2, 2\*) от концентрации пенообразователя в растворе

нескольких видов ПАВ (анионные и неионогенные или анионные с амфолитными), некоторые системы демонстрируют нетрадиционную картину изотерм: например, у них явно выражен минимум на зависимости поверхностного натяжения от концентрации пенообразователя.

Использование пенообразователей, изотермы поверхностного натяжения которых имеют минимум,



**Рис. 4.** Изотермы поверхностного (1) и межфазного (2) натяжения фторированного пенообразователя, содержащего несколько видов ПАВ различной природы, и коэффициенты растекания раствора по гептану (3) и гептана по раствору (4)

а коэффициент растекания достигает положительной величины в узком диапазоне концентраций, требует особой осторожности. Из-за избирательной экстракции одного из компонентов пенообразователя при контакте с углеводородом может измениться и со-

став водного раствора в поверхностном слое. При этом способность к растеканию может утратиться.

На рис. 4 показан пример такой картины, где поверхностное натяжение водного раствора после достижения минимума вновь начинает расти. Судя по описанию пенообразователя, в его состав входят четыре ПАВ — два фторированных и два углеводородных.

Для таких пенообразователей важно использовать надежные системы их дозирования и обеспечивать определенную концентрацию. Например, для обеспечения надежного процесса образования пены на генераторах эжекционного типа часто приготавливают рабочий раствор с концентрацией выше указанной производителем. В случае значительного превышения концентрации рабочего раствора (как это следует из результатов измерений изотерм поверхностного натяжения) раствор утратит свою пленкообразующую способность.

Результаты проведенных исследований показали, что по огнетушащей эффективности пенообразователи, содержащие фторированные ПАВ, во многом превосходят углеводородные пенообразователи. При этом критическая и оптимальная интенсивность пен на основе фторированных пенообразователей в 3–4 раза выше, чем пен на основе углеводородных.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шароварников А. Ф., Шароварников С. А. Пенообразователи и пены для тушения пожара. — М.: Пожнаука, 2005. — С. 152.
2. ГОСТ Р 53280.2–2010. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 2. Пенообразователи для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах. Общие технические требования и методы испытаний. — Введ. 01.07.2010. — М.: Стандартинформ, 2010.
3. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф., Дегаев Е. Н. Лабораторная методика определения изолирующих свойств пены на поверхности гептана // Пожаровзрывобезопасность. — 2014. — Т. 23, № 4. — С. 72–76.
4. Шароварников А. Ф., Молчанов В. П. и др. Современные средства и способы тушения пожаров нефтепродуктов. — М., 2000. — 420 с.

*Материал поступил в редакцию 28 ноября 2014 г.*

English

## COMPARATIVE EXTINGUISHING EFFICIENCY OF HYDROCARBON AND FLUORINATED FOAMING AGENTS

**KHIL E. I.**, Postgraduate Student of General and Special Chemistry Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129336, Russian Federation; e-mail address: gpslab@yandex.ru)

**SAUTIEV M. I.**, Postgraduate Student of General and Special Chemistry Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129336, Russian Federation; e-mail address: gpslab@yandex.ru)

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

**BASTRIKOV D. L.**, Candidate of Technical Sciences, Head of General and Special Chemistry Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129336, Russian Federation; e-mail address: dlbastrikov@mail.ru)

### ABSTRACT

Fire extinguishing efficiency of foam, produced from process solution of hydrocarbon and fluor containing foaming agent is reviewed. Superiority of film forming foaming agent with regard to such parameters of fire extinguishing as fire suppression time and specific flow rate is shown. Problem of fire suppression with multi-component foaming agents is shown. Experimental study to suppress hydrocarbon flame with foam, obtained from the solutions of surface active substances with various ratios of spreading coefficient was conducted. Experimental method to determine type of foam forming agent depending on superficial and interfacial tension of foam forming agent aqueous solutions isotherm values obtained on the border of air and hydrocarbon is reviewed. Spreading coefficients on which capability of foam forming agent solutions to form aqueous film on hydrocarbon surface depends which, in its turn, affects contact stability of foam on hydrocarbon burning surface is reviewed. Effect of model tank structure with the ability to circulate water in the interwall space on reproducibility of heptane flame extinguishing results is discussed. Results of extinguishing, conducted with the solutions of hydrocarbon and fluor containing foam forming agent, are shown graphically. Also there are shown curves, illustrating dependence of specific flow of foam forming agent, used for extinguishing a unit of heptane surface as well as curves describing characteristics of foam forming agent specimens used.

**Keywords:** foaming agent; fire suppression efficiency; surface tension; spreading coefficient.

### REFERENCES

1. Sharovarnikov A. F., Sharovarnikov S. A. *Penoobrazovateli i peny dlya tusheniya pozhara* [Foaming agents and foams for fire extinguishing]. Moscow, Pozhnauka Publ., 2005, p. 152.
2. *National standard of Russian Federation 53280. 2–2010. Automatic fire extinguishing systems. Fire extinguishing media. Part 2. Foam concentrates for subsurface extinguishing of fires of oil and petroleum products in tanks. General technical requirements and test methods*. Moscow, Standartinform Publ., 2010 (in Russian).
3. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F., Degaev E. N. Laboratornaya metodika opredeleniya izoliruyushchikh svoystv peny na poverkhnosti heptana [Laboratory standard technique for insulating properties of foam on heptane surface]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 4, pp. 72–76.
4. Sharovarnikov A. F., Molchanov V. P. et al. *Sovremennyye sredstva i sposoby tusheniya pozharov nefteproduktov* [Contemporary means and ways of oil products fire extinguishing]. Moscow, 2000. 420 p.



## КРИТЕРИИ АККРЕДИТАЦИИ

© **В. И. ПОЛЕГОНЬКО**, канд. техн. наук, главный научный сотрудник УНЦ ППБС Академии ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: vips\_56@mail.ru)

© **В. Ф. КОРОТКИХ**, канд. техн. наук, председатель Совета коллегии Межрегиональной общественной организации в области технического регулирования “Коллегия независимых экспертов” (МРОО “Коллегия независимых экспертов”) (Россия, 109428, г. Москва, Рязанский просп., 10, стр. 2; e-mail: kvf1601@yandex.ru)

© **Р. А. ЕМЕЛЬЯНОВ**, канд. экон. наук, заместитель начальника УНК ПАСТ, начальник НИО ПАСТ Академии ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: roman\_e77@mail.ru)

© **М. Б. ЯСКОЛКО**, директор Межрегиональной общественной организации в области технического регулирования “Коллегия независимых экспертов” (МРОО “Коллегия независимых экспертов”) (Россия, 109428, г. Москва, Рязанский просп., 10, стр. 2; e-mail: mrooknek@mail.ru)

**В** настоящее время в нашей стране появилось много разных, порой непонятных систем подтверждения соответствия продукции и услуг. До сих пор не всем ясны критерии их аккредитации, хотя они известны и доступны.

Выступая на международной конференции в рамках Россия — Таможенный союз — ЕС “Техническое регулирование, стандартизация, оценка соответствия: достижения, трудности, перспективы” (13 февраля 2014 г., г. Москва), руководитель Федеральной службы по аккредитации (ФСА) С. В. Шипов выделил те структурные элементы, которым должна соответствовать российская система аккредитации.

Прежде всего это должна быть система, в которой работают профессиональные люди, компетентные в тех вопросах, за которые они отвечают. Далее, эта система должна быть эффективной, т. е. обеспечивать присутствие на рынке добросовестных органов по сертификации и испытательных лабораторий, которым можно доверять. Эта система должна быть стабильной и независимой, давать уверенность в том, что на пути развития бизнеса не возникнет неожиданных препятствий. Система должна соответствовать международным стандартам и, что очень важно, быть комфортной для всех ее участников. Кроме того, она должна быть современной и отвечать существующим и потенциальным вызовам.

Таким образом, основной целью ФСА является создание в России профессиональной, комфортной, эффективной, стабильной и независимой системы аккредитации, соответствующей международным стандартам. Профессионализм системы состоит в том, что ее участники должны уметь работать и иметь возможность работать надлежащим образом, поэтому здесь важны два ключевых компонента — компетентность специалистов и качество правовых и методических документов.

Компетентность специалистов предполагает прежде всего формирование единого подхода к подготовке и обучению людей, принимающих участие в работах как по аккредитации, так и по оценке соответствия. Это не только учеба, но и стажировки, которые должны стать необходимым этапом в подготовке специалистов, работающих в сфере аккредитации, и персональная аттестация каждого специалиста и профессионала.

В соответствии со ст. 17 “Порядок оценки соответствия заявителя критериям аккредитации” Федерального закона от 23.12.2013 г. № 412-ФЗ “Об аккредитации в национальной системе аккредитации” национальный орган по аккредитации принимает решение об аккредитации или отказе в аккредитации на основании оценки соответствия заявителя критериям аккредитации. Оценка соответствия заявителя критериям аккредитации может проводиться в форме документарной оценки соответствия заявителя критериям аккредитации и выездной оценки соответствия заявителя критериям аккредитации, проводимой по месту (или местам) осуществления его деятельности. Выездная оценка соответствия заявителя критериям аккредитации проводится в соответствии с программой выездной оценки, утвержденной национальным органом по аккредитации.

Программа выездной оценки формируется с учетом заявленной области аккредитации и места (или мест) осуществления деятельности в области аккредитации, а также результатов выполненных ранее работ по оценке соответствия заявителя критериям аккредитации (при наличии такого опыта) и содержит перечень работ по проведению выездной экспертизы соответствия заявителя критериям

аккредитации, выполняемых экспертной группой, а именно:

- а) оценку системы менеджмента качества заявителя, а также соблюдения требований системы менеджмента качества при осуществлении его деятельности;
- б) оценку материально-технической базы заявителя;
- в) оценку квалификации и опыта работников заявителя;
- г) оценку обеспеченности необходимой документацией;
- д) наблюдение за выполнением заявителем работ в соответствии с заявленной областью аккредитации.

При проведении выездной экспертизы работы, перечисленные в пп. “а”–“г”, еще можно как-то оценить и подтвердить соответствующими документами. Но как оценить работу, названную в п. “д”, с точки зрения обеспечения правильности понимания и применения созданных документов на каждом из эта-

пов процесса подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов?

В связи с вышеизложенным следует отметить, что, помимо чисто правотворческой работы, очень важна и методическая работа, которую необходимо осуществлять при проведении выездной экспертизы соответствия заявителя критериям аккредитации.

В ближайшее время необходимо разработать и принять новые методики, устанавливающие общий порядок и объем работ, необходимых для организации и проведения деловой игры с персоналом органа по сертификации или испытательной лаборатории, претендующим на право быть специалистом по проведению процедуры подтверждения соответствия конкретного вида продукции требованиям технических регламентов.

Проект “Методики проведения деловой игры по проверке соответствия заявителя критериям аккредитации органов по сертификации в соответствии с законодательством Российской Федерации о техническом регулировании” приводится ниже.

## **Методика проведения деловой игры по проверке соответствия заявителя критериям аккредитации органов по сертификации в соответствии с законодательством Российской Федерации о техническом регулировании**

*Методика проведения деловой игры по проверке соответствия заявителя критериям аккредитации разработана на основе обобщенного опыта работы экспертов по аккредитации Межрегиональной общественной организации в области технического регулирования “Коллегия независимых экспертов” (МРОО “Коллегия независимых экспертов”).*

### **1. Общие положения**

**1.1.** Методика проведения деловой игры по проверке соответствия заявителя критериям аккредитации органов по сертификации согласно законодательству Российской Федерации о техническом регулировании разработана в соответствии со следующими нормативными правовыми актами:

- федеральными законами;
- постановлениями Правительства Российской Федерации;
- приказами Минэкономразвития России;
- приказами Федеральной службы по аккредитации.

**1.2.** Настоящая методика устанавливает общий порядок и объем работ, необходимых для проведения деловой игры с персоналом органа по сертификации, претендующим на право быть специалистом по проведению процедуры по подтверждению соответствия конкретного вида продукции требованиям

технических регламентов национальных и Таможенного союзов (далее — кандидат).

**1.3.** Цель методики — проверка соответствия персонала органа по сертификации требованиям, предъявляемым к кандидатам с точки зрения знания ими требований технических регламентов, процедуры выполнения работ по подтверждению соответствия (регистрация деклараций) по конкретному виду продукции и основных положений нормативных правовых актов (далее — критериям).

**1.4.** Деловая игра проводится по конкретному техническому регламенту по каждой подгруппе однородной группы продукции отдельно. Так, например, для группы продуктов ТР ТС004/2011 “Низковольтное оборудование” по электрическим аппаратам и приборам бытового назначения будет одна деловая игра, по вычислительной технике — вторая, по кабелям, проводам и шнурам — третья, так как конкретная продукция требует от специалиста определенных знаний.

### **2. Порядок проведения деловой игры**

**2.1.** Порядок проведения деловой игры включает в себя два этапа.

**2.1.1. Первый этап.** На данном этапе рассматривается кадровый состав сотрудников, непосредственно занимающихся подтверждением соответствия,

документы по аттестации и повышению квалификации сотрудников, сертификаты экспертов, архивные дела по сертификации и декларированию.

**2.1.1.2.** Проводится собеседование с персоналом по вопросу соответствия критериям аккредитации органов по сертификации и требованиям к нему. В собеседовании участвуют специалисты согласно списку, заявленному руководителем органа по сертификации, претендующие на право проведения сертификации конкретных видов продукции (далее — кандидаты) (см. прил. 1 и 2) и допущенные членами комиссии как соответствующие критериям.

**2.1.2. Второй этап.** На данном этапе проверяется организация и контроль за проведением опытной сертификации, включая регистрацию, рассмотрение заявки и отслеживание всех операций, проводимых органом по сертификации по ее выполнению, вплоть до оформления макета сертификата соответствия (регистрации декларации о соответствии).

**2.1.2.3.** Руководитель экспертной группы дает задание кандидатам (форму см. в прил. 3) для проведения деловой игры, оформляет заявку от имени заказчика и передает протокол испытаний для оценки его кандидатом. При этом в протокол испытания, задание и заявку намеренно вносятся неточности или ошибки.

**2.2.** Кандидат обязан провести всю процедуру сертификации (регистрации декларации о соответствии) с выполнением всех сопутствующих процедур, предписанных техническим регламентом и руководством по качеству: а) подготовить решение по заявке с указанием технических регламентов Таможенного союза, нормативной документации на сертифицируемую конкретную продукцию; б) составить акт отбора образцов с их идентификацией, акт оценки производства и т. д.; в) подготовить “макет” сертификата; г) оформить наблюдательное дело в соответствии с требованиями приложения к руководству по качеству (форму см. в прил. 4); д) составить опись (форму см. в прил. 5), сшить дело и представить его комиссии.

**2.3.** Кандидат в процессе подготовки может уточнять вопросы, связанные с неточностями и ошибками, заложенными в задание, до того момента, пока он не сдаст работу на проверку и защиту.

**2.4.** Кандидат считается не прошедшим деловую игру, если он не выявил в полном объеме ошибки, допущенные в протоколе испытаний, или допустил две и более незначительные ошибки в процедуре сертификации.

**2.5.** Материалы деловой игры дополняются общей оценкой (форму см. в прил. 6), сшиваются и со всеми материалами по проверке органа по сертификации сдаются в Федеральную службу по аккредитации. Результаты деловой игры также указываются в акте выездной проверки.

## Приложение 1

Кандидат в эксперты (эксперт) по сертификации (Ф. И. О.)		
Область аккредитации	фактическая	
	заявляемая	

### Оценка соответствия кандидата в эксперты (эксперта) на 1-м этапе

Проверяемые соответствия	Оценка соответствия	
	Не соответствует (описание конкретного несоответствия)	Соответствует (полностью или нет)
Соответствие образования заявленной области с учетом конкретной продукции		
Стаж работы в заявленной области		
Знание регламента и умение им пользоваться		
Знание стандартов по конкретному виду продукции, умение применять их		
Характерные особенности при сертификации конкретного вида продукции		
Знание основных положений руководства по качеству		
Знание должностной инструкции		
Обучение в объеме курсов повышения квалификации по тематике конкретной продукции в соответствии с областью, учитывающей специализацию данного кандидата в специалисты (специалиста)		
Знание и исполнение ГОСТ ISO/IEC 17065–2013 в части требований к специалисту по сертификации		
Выборочная экспертиза дел конкретного специалиста или кандидата		
<p><b>П р и м е ч а н и я :</b></p> <p>1. При полном несоответствии или двух неполных соответствиях кандидат не допускается ко второму этапу.</p> <p>2. При выявлении неправильно оформленных дел у кандидатов, участвующих в оформлении дела, берется письменное объяснение.</p>		

Оценка комиссии по допуску кандидата ко второму этапу	<u>Допустить/Не допустить</u> Ненужное зачеркнуть
---	--

Председатель комиссии \_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_ Ф. И. О.

Члены комиссии: \_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_ Ф. И. О.

\_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_ Ф. И. О.

\_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_ Ф. И. О.

С решением комиссии ознакомлен:  
Руководитель ОС \_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_ Ф. И. О.

М. П.

### Приложение 2

№ п/п	Ф. И. О.	Диплом об окончании вуза	Стаж работы	Вид продукции согласно ТР ТС

Руководитель ОС \_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_ Ф. И. О.

### Приложение 3

**Задание на проведение деловой игры для кандидата в работники органа по сертификации от “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.**

\_\_\_\_\_ Ф. И. О.

1. Объект сертификации \_\_\_\_\_  
Наименование вида продукции

2. Заказчик \_\_\_\_\_  
Наименование предприятия-изготовителя,

продавца (далее — заявителя)

3. Реквизиты заказчика \_\_\_\_\_

4. Форма сертификации (декларирования) \_\_\_\_\_

Серийный выпуск или партия определенного размера;

каждое изделие при единичном производстве

Руководитель экспертной группы \_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_ Ф. И. О.

Члены экспертной группы: \_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_ Ф. И. О.

\_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_ Ф. И. О.

\_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_ Ф. И. О.

\_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_ Ф. И. О.

### Приложение 4

#### Материалы деловой игры кандидата

\_\_\_\_\_ Ф. И. О.

Наименование сертифицируемой продукции

Подписи:  
Руководитель экспертной группы \_\_\_\_\_  
Технический эксперт \_\_\_\_\_  
Кандидат \_\_\_\_\_

### Приложение 5

#### Опись документов

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Специалист по сертификации \_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_ Ф. И. О.

### Приложение 6

#### Общая оценка кандидата в эксперты по сертификации

\_\_\_\_\_ Ф. И. О.

#### Рекомендации комиссии

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Председатель комиссии \_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_ Ф. И. О.

Члены комиссии: \_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_ Ф. И. О.

\_\_\_\_\_ Подпись \_\_\_\_\_ Ф. И. О.

\_\_\_\_\_ Подпись \_\_\_\_\_ Ф. И. О.

С решением комиссии ознакомлен:  
Руководитель ОС \_\_\_\_\_  
Подпись \_\_\_\_\_ Ф. И. О.

М. П.



**ВОПРОС:**

Согласно п. 7.14 “Общих правил взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств” (приказ № 96 от 11.03.2013) устройства для подключения передвижного и переносного электрооборудования размещаются вне взрывоопасных зон. Этот пункт был заимствован из ПБ 09-540–03 и до сих пор остается неизменным в Общих правилах взрывобезопасности.

На сегодняшний день выпускается большой ассортимент взрывозащищенных электрических соединителей и разъемов, предназначенных для применения во взрывоопасных зонах различных классов. Это позволяет подобрать для большинства взрывоопасных зон соответствующее взрывозащищенное оборудование, обеспечивающее безопасную и удобную эксплуатацию передвижного и переносного электрооборудования, а также экономию кабельной продукции.

Тем не менее действующие в РФ нормы и правила фактически запрещают размещение и использование каких-либо устройств для подключения передвижного и переносного электрооборудования во взрывоопасных зонах.

Существует ли обоснованное решение вышеуказанной проблемы?

**ОТВЕТ:**

Ситуация, связанная с необдуманным переносом статей из более старых нормативных документов в новые, беспокоит многих специалистов уже не первый год. Естественно, что на момент выхода ПБ 09-540–03 вопрос о размещении устройств для подключения передвижного и переносного (далее — мобильного) электрооборудования за пределами взрывоопасной зоны был более актуальным. Причиной тому являлось отсутствие на российском рынке в большом количестве взрывозащищенных электрических соединителей, разъемов и других устройств. Сейчас проблемы с приобретением таких устройств нет.

Положение п. 7.14 Общих правил взрывобезопасности [1] о том, что устройства для подключения электрооборудования размещаются вне взрывоопасных зон, распространяется на устройства подключения мобильного электрооборудования без средств взрывозащиты и характеризует одну из мер обеспечения безопасной работы с электрооборудованием во взрывоопасной зоне. Иными словами, данная работа будет безопасной при условии отсутствия в опасной зоне источников зажигания электрического характера, так как в этом случае будет исключена возможность взрыва или воспламенения взрывоопасной смеси. Из этого следует, что для обоснованного и безопасного применения мобильного электрооборудования и устройств для его подключения к электросети необходимо подтвердить соответствие данных элект-

роустановок классу взрывоопасной зоны, категории и группе взрывоопасной смеси. Если электрооборудование и устройства его подключения к электросети не соответствуют характеристикам взрывоопасной среды, то они должны устанавливаться за пределами взрывоопасной зоны. Именно это указано в п. 7.14 [1].

В случае применения мобильного электрооборудования и устройств для его подключения (разъемы, штепсели и т. п.) во взрывозащищенном исполнении необходимо выполнять требование п. 7.1 [1], согласно которому устройство и монтаж электроустановок должны соответствовать требованиям технических регламентов и настоящих правил. Если во взрывоопасной зоне не применяются устройства для подключения мобильного электрооборудования в виде электрических соединителей и разъемов без средств взрывозащиты, то п. 7.14 [1] на эти устройства не распространяется. В этом случае выполняются требования технических регламентов. Так как несоответствие взрывозащиты электроустановок характеристикам взрывоопасной среды может привести к взрыву и/или пожару, для обоснования принятых решений необходимо учесть положения пп. 1 и 12 ст. 82 “Технического регламента о требованиях пожарной безопасности” [2]. В этих статьях указано, что электроустановки должны соответствовать по своей взрывозащите классу взрывоопасной зоны, категории и группе взрывоопасной смеси. Поэтому при выборе электрических соединителей и разъемов для подключения электрооборудования необходимо проверить их взрывозащиту на соответствие взрывоопасной среде, в которой они будут использоваться.

Аналогичное требование указано и в ГОСТ IEC 60079-14–2011 [3]. В документе [3] также отмечается, что при проектировании электрических установок необходимо стремиться к тому, чтобы большая часть электрооборудования (вместе с устройствами для его подключения к электросети) размещалась вне взрывоопасной зоны, а если это невозможно, то электрооборудование следует устанавливать в зоне с наименьшим уровнем взрывозащиты оборудования (обычно соответствующее классу зоны 2). Это требование говорит о том, что применение электрооборудования (в том числе электрических соединений и разъемов) во взрывоопасной зоне считается более опасным с точки зрения возможности возникновения источника зажигания и взрыва, нежели за пределами взрывоопасной зоны.

Этим требованием следует руководствоваться в том случае, если затраты на покупку кабельной продукции, ее монтаж, а также подключение к мобильному электрооборудованию за пределами взрывоопасной зоны будут меньше, чем затраты на приобретение электрических штекеров и розеток во взрывозащищенном исполнении. В противном случае размещение

устройств для подключения электрооборудования за пределами взрывоопасных зон будет экономически нецелесообразным. Из этого следует, что устройства для подключения мобильного электрооборудования допускается размещать во взрывоопасных зонах, если их взрывозащита соответствует параметрам взрывоопасной среды, а их применение является экономически целесообразным.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (в ред. от 23.06.2014) : Федер. закон РФ от 22.07.2008 № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008; одобр. Сов. Федерации 11.07.2008 // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.

3. ГОСТ IEC 60079-14-2011. Взрывоопасные среды. Часть 14. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок. — Введ. 15.02.2013. — М. : Стандартинформ, 2013.

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



# Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу

## ОГNETУШИТЕЛИ. УСТРОЙСТВО. ВЫБОР. ПРИМЕНЕНИЕ

Д. А. Корольченко, В. Ю. Громовой



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

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

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

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

# ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ!

Направляемые в журнал “ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ” статьи должны содержать результаты научных исследований и испытаний, описания новых технических устройств и программно-информационных продуктов, проблемные обзоры, комментарии к нормативно-техническим документам, справочные материалы и т. п. Методы расчета и экспериментальные данные, полученные автором, должны быть оформлены в соответствии с рекомендациями КОДАТА. Остальные численные данные, за исключением общеизвестных величин, следует снабжать ссылками на первоисточник. Научные статьи должны иметь практическую направленность. В начале работы (например, во введении) целесообразно кратко изложить состояние проблемы и место в ней данной задачи. В конце публикации должны быть сделаны краткие выводы с указанием научной новизны и практической полезности материала.

Редакция просит авторов при подготовке рукописи руководствоваться изложенными ниже правилами.

**1.** Статья и сопутствующие ей материалы должны быть направлены в редакцию в электронном виде по электронному адресу (info@fire-smi.ru), а также в бумажном виде по почте (121352, Российская Федерация, г. Москва, а/я 43). Статья должна быть ясно изложена, тщательно отредактирована и подписана всеми авторами.

**2.** Материал статьи должен излагаться в следующем порядке.

**2.1.** Номер УДК (универсальная десятичная классификация).

**2.2.** Заглавие статьи (на русском и английском языках). Заглавия научных статей должны быть информативными; в них можно использовать только общепринятые сокращения. В переводе заглавий статей на английский язык недопустимы транслитерации с русского языка, кроме непереводаемых названий собственных имен, приборов и других объектов, имеющих собственные названия, а также непереводаемый сленг, известный только русскоговорящим специалистам. Это также касается аннотаций, авторских резюме и ключевых слов.

**2.3.** Информация об авторах.

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

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

**2.3.2.** Ученые степени, звания, должность, место работы всех авторов с полным юридическим адресом (на русском и английском языках). Здесь необходимо указать: полное официальное название организации, индекс, страну, город, название улицы, номер дома, а также контактные телефоны и электронный адрес всех или хотя бы одного из авторов. При этом не следует приводить составные части названий организаций, обозначающие принадлежность ведомству, форму собственности, статус организации (например, “Учреждение Российской академии наук...”, “Федеральное государственное унитарное предприятие...”, “ФГОУ ВПО...” и т. п.), что затрудняет идентификацию организации. Обращаем Ваше внимание, что при переводе необходимо указывать официально принятое название организации на английском языке. Все почтовые сведения (кроме наименования улицы, которое должно быть в транслитерированном виде) должны быть также переведены на английский язык, в том числе название города и страны.

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

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

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

- информативным (не содержать общих слов);
- оригинальным (не быть калькой с русскоязычной аннотации с дословным переводом);
- содержательным (отражать существенные результаты работы; не должно включать материал, который отсутствует в основной части публикации);
- структурированным (т. е. следовать логике описания результатов в публикации);
- “англоязычным” (написанным качественным английским языком, без использования программ автоматизированного перевода);
- объем текста авторского резюме должен быть не менее 150–200 слов.

Приветствуется структура резюме, повторяющая структуру статьи и включающая введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение (выводы). Однако предмет, тема, цель работы указываются в том случае, если они неясны из заглавия статьи. Метод или методологию проведения работы целесообразно описывать в том случае, если они отличаются новизной или представляют интерес с точки зрения данной работы.

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

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

Сведения, содержащиеся в заглавии статьи, не должны повторяться в тексте авторского резюме.

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

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

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

**2.6.** Ключевые слова на русском и английском языках (не менее 5 слов или словосочетаний). Указываются через точку с запятой. Недопустимо в качестве ключевых слов использовать термины общего характера (например, проблема, решение и т. п.), не являющиеся специфической характеристикой публикации.

**2.7.** Текст статьи. Текст должен быть набран через 1,5 интервала и предоставляться в формате Word. Формулы должны быть набраны в Microsoft Equation или MathType.

Цитируемый текст из других публикаций следует брать в кавычки.

Сокращения и условные обозначения физических величин в тексте статьи должны соответствовать действующим международным стандартам. Формулы и буквенные обозначения должны быть четкими и ясными. Все буквенные обозначения, входящие в формулы, должны быть расшифрованы с указанием единиц измерения. Размерность всех характеристик должна соответствовать системе СИ.

Иллюстрации в электронной версии прилагаются отдельно. Фотографии должны быть сделаны с хорошего негатива контрастной печатью (файлы растровых изображений представляются с разрешением не менее 300 dpi, черно-белая штриховая графика — 600 dpi). Файлы векторной графики следует предоставлять в формате той программы, в которой они созданы, либо напечатать PDF-файл из этой программы. Все иллюстрации должны иметь сквозную нумерацию. Чертежи и карты в качестве иллюстраций не приемлемы. Ссылки на все рисунки в тексте обязательны.

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

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

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

В описании источников необходимо указывать всех авторов.

Список литературы должен содержать не менее 10 источников (не включая в это число нормативные документы, патенты и т. п.), в том числе не менее 3 иностранных. Выполнение данного требования будет свидетельствовать о том, что авторы используют предыдущие научные достижения в необходимой мере.

Не менее половины источников должны быть включены в один из ведущих индексов цитирования: Российский индекс научного цитирования eLibrary, Web of Science, Scopus, Chemical

Abstracts, MathSciNet, Springer и др. В случае присвоения публикациям цифрового идентификатора объекта (DOI) его необходимо указать, что позволит однозначно идентифицировать объект в базах данных.

Состав источников должен быть актуальным и содержать не менее 5 современных (не старше 10 лет) статей из научных журналов или других публикаций.

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

Следует обратить внимание на публикации диссертаций (особенно докторских), защищенных в последние годы по ближайшей научной специальности или группе специальностей. Для поиска рекомендуется использовать ресурс <http://www.disserscat.com>.

**2.9.** References (пристатейные списки литературы в транслитерации (на латинице) и на английском языке). Представление в References только транслитерированного (без перевода) описания недопустимо.

При переводе русскоязычного источника (книги, монографии, диссертации, электронного ресурса и пр.) приводится транслитерация фамилий и инициалов авторов, транслитерация названия источника и в квадратных скобках его перевод на английский язык, год, место издания, название издательства, количество страниц. Место издания должно быть указано на английском языке (Moscow, Saint Petersburg и т. п.). Транслитерированное название издания выделяется курсивом.

Если приводится русскоязычная статья в журнале, то, помимо транслитерации названия статьи и его перевода на английский язык, указанного в квадратных скобках, необходимо дать официальную английскую версию названия журнала (перевод обычно есть на сайте журнала). Если ее нет, то приводится обычная транслитерация. Указывается также год издания, том, номер выпуска, страницы статьи. Название издания выделяется курсивом.

Примеры описаний в References можно найти на сайте издательства ([www.fire-smi.ru](http://www.fire-smi.ru)).

На сайте издательства Emerald даны достаточно подробные рекомендации по составлению пристатейных списков литературы по стандарту Harvard (Harvard Reference System) практически для всех видов публикаций (<http://www.emerald-insight.com/authors/guides/write/harvard.htm?part=2>), а также программные средства для их формирования.

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

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

**5.** Не допускается направление в редакцию работ, которые были опубликованы и/или приняты к печати в других изданиях.

**6.** Плата за публикацию работ с аспирантов не взимается.

**Приглашаем Вас к сотрудничеству на страницах нашего журнала.**



# УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Издательство “ПОЖНАУКА” предлагает Вам оформить подписку на журнал “Пожаровзрывобезопасность” на 1-е полугодие 2015 г., а также годовую подписку.

ПЕРСОНАЛЬНАЯ ПОДПИСКА  
на журнал

**ПОЖАРОВЗРЫВО-**  
**БЕЗОПАСНОСТЬ**



ISSN 0869-7493

**КУПОН '2015**

Издание	Цена подписки, руб.	Количество экземпляров	Стоимость подписки, руб.
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” (1-е полугодие 2015 г.)	<b>5200</b>		
Журнал “Пожаровзрывобезопасность” (годовая подписка)	<b>10400</b>		

Для соискателей ученой степени кандидата наук и доктора наук действуют особые условия подписки!

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

**ПОДПИСКА ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ:**

через ООО “Издательство “Пожнаука”;  
через агентство “РОСПЕЧАТЬ”, индекс 83340;  
через агентство “АПР”, индекс 83647  
(в любом почтовом отделении в каталоге  
“Газеты и журналы”);

через подписные агентства:  
ООО “Урал-Пресс”, ООО “Информнаука”,  
ЗАО “МК-ПЕРИОДИКА”

# 27–29 мая

# Красноярск 2015



XI специализированный форум-выставка

# АНТИТЕРРОР

современные  
системы  
безопасности

- Технические средства и системы безопасности
- Инженерно-технические средства физической защиты
- Пожарная безопасность
- Аварийно-спасательное оборудование
- Транспорт
- Экипировка. Индивидуальные средства защиты
- Информационная безопасность
- Безопасность промышленного комплекса

*Ежегодно в выставке принимает участие более 9 000 человек,  
46 % из которых – специалисты отрасли*



Организаторы:



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