

№ 4 (7) – 2017

*Средство массовой информации сетевое издание
«Пожарная и аварийная безопасность» зарегистрировано Федеральной службой
по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор) (свидетельство о регистрации средства массовой информации
Эл № ФС77-61575 от 30 апреля 2015 г.)*

*Все статьи, опубликованные в журнале, размещаются в базе данных
Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU*

*Свидетельство о регистрации номера получено
в Национальном агентстве ISSN (Российская книжная палата / филиал ИТАР-ТАСС).
Изданию присвоен номер ISSN: 2542-162X*

Состав редакции:

И. А. Малый (главный редактор, ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново; кандидат технических наук, доцент)

О. В. Потемкина (заместитель главного редактора, ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново; кандидат химических наук, доцент)

Д. И. Коровин (ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново; доктор экономических наук, доцент)

Н. Ш. Лебедева (ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново; доктор химических наук, доцент)

А. Г. Бубнов (ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново; доктор химических наук, доцент)

С. В. Королева (ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново; доктор медицинских наук, доцент)

А. Л. Никифоров (ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново; доктор технических наук старший научный сотрудник)

М. В. Акулова (ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново; доктор технических наук, советник Российской академии архитектурных и строительных наук (РААСН), почетный работник высшего образования Российской Федерации, профессор)

© Пожарная и аварийная безопасность, 2017

© ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия
ГПС МЧС России, 2017

№ 4 (7) – 2017

The founder and the publisher of Mass Media, Network Journal «Fire and Emergency Safety» is Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters».

Mass Media, Network Journal «Fire and Emergency Safety» is registered by the Russian Ministry for Press, Broadcasting and Mass Communications (Roskomnadzor) (Mass Media accreditation certificate: EI № FS77-61575 of 30/04/2015).

All articles published in the journal are posted to Russian Science Citation Index database (RSCI) and E-Science Library eLIBRARY.RU

*The certificate of the registration number has been obtained in ISSN National Agency (Russian Central Institute of Bibliography / ITAR TASS branch)
The ISSN number of edition given is 2542-162X*

Editorial Council:

Associate professor **I. A. Maly**, candidate of technical sciences, **Editor in Chief** (*Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Ivanovo*)

Associate professor **O. V. Potemkina**, candidate of chemical sciences, **Assistant editor** (*Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Ivanovo*)

Editorial board:

Professor **D. I. Korovin**, doctor of economic sciences, associate professor (*Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Ivanovo*)

Professor **N. Sh. Lebedeva**, doctor of chemical sciences, associate professor (*Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Ivanovo*)

Professor **A. G. Bubnov**, doctor of chemical sciences, associate professor (*Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Ivanovo*)

Professor **S. V. Koroleva**, doctor of medical sciences, associate professor (*Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Ivanovo*)

Professor **A. L. Nikiforov**, doctor of technical sciences, senior research worker (*Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Ivanovo*)

Professor **M. V. Akulova**, doctor of technical sciences, advisor to Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (RAACS), Honorary Worker of Higher Education of Russian Federation (*Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Ivanovo*)

© Fire and Emergency Safety, 2017

© Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ

Азовцев А. Г., Салихова А. Х., Сырбу С. А. О риске самовозгорания пиррофорных отложений в резервуарах вертикальных стальных с сернистой нефтью и нефтепродуктами.....6

Батов Д. В., Мочалова Т. А., Сторонкина О. Е. Определение огнетушащей эффективности микроэмульсий на основе воды и 2-йодгептафторпропана.....20

Таратанов Н. А., Шавлюга А. А. Моделирование пожара, произошедшего в ресторане «Запрудка», с использованием программы FireGuide30

ПОЖАРОТУШЕНИЕ

Кулагин А. В., Шитлов Р. М., Легошин М. Ю., Ведяскин Ю. А., Архангельский К. Н. Перекос фаз как причина пожара39

Сараев И. В., Бубнов А. Г., Моисеев Ю. Н. Методический подход к выбору пожарнотехнического оборудования для ликвидации ЧС на транспорте49

Семенов А. О., Смирнов В. А., Коричев С. Н. Совершенствование системы управления подразделениями пожарно-спасательных гарнизонов при тушении пожаров на открытой местности60

**ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ И ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ:
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Арбузова А. А., Егорова Н. Е. Численно-аналитический расчет режимов обработки композитных материалов70

Ефремов А. М., Беляев С. В., Снегирев Д. Г., Титова Е. С. Об эффективности разложения галогенводородов в низкотемпературной плазме.....82

Пашкова Т. В., Смирнова М. В., Александров А. И. Спектральные исследования пленок на основе фуллерена C₆₀ и краун-эфира96

ГУМАНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЧС РОССИИ

Новичкова Н. Ю. Деятельность Владимирского земства по обеспечению защиты сельского населения от пожаров во второй половине XIX века107

**УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

Коровин Д. И., Дурандин М. А. Анализ существующих информационно-технических методов обучения принятию управленческих решений в экстремальных ситуациях 115

Цветков М. Ю., Пустовалова И. Н. Особенности избирательных прав сотрудников МЧС России124

НАУЧНЫЙ ДЕБЮТ (статьи членов научного общества обучающихся)

Таратанов Н. А., Богданов И. А. Получение добавок к ПАВ, обеспечивающих снижение времени тушения142

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ

УДК 614.841.412

Азовцев Александр Григорьевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново

Преподаватель

E-mail: asovtsev121@mail.ru

SPIN-код: 8207-7828

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9959-7051>

Салихова Аниса Хамидовна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново

Доцент

E-mail: salina77@mail.ru

SPIN-код: 8723-8510

AuthorID: 428198

Сырбу Светлана Александровна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново

Профессор

Доктор химических наук, профессор

E-mail: syrbue@yandex.ru

SPIN-код: 3966-9045

AuthorID: 446820

**О риске самовозгорания пирофорных отложений
в резервуарах вертикальных стальных
с сернистой нефтью и нефтепродуктами**

Аннотация. В работе представлены статистические данные по пожарам резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов от самовозгорания пирофорных отложений. Определены теоретические частоты расчетным способом и по закону распределения Пуассона, а также приводится распределение эмпирических и теоретических частот количеств пожаров. Проведена проверка гипотезы о нормальном распределении теоретических частот по критерию Пирсона. Определено наиболее приемлемое теоретическое распределение. Получена теоретическая частота пожаров резервуаров от самовозгорания пирофорных отложений.

Ключевые слова: пиррофорные отложения, сероводородная коррозия, нефтегазовая отрасль, сероводород, авария, риск, взрывы и пожары.

Нефтегазовая отрасль в настоящее время является одной из важнейших составных частей экономики и производства в Российской Федерации. Большая часть объектов данной отрасли относится к опасным производственным объектам, так как там обращаются горючие газы, легковоспламеняющиеся и горючие жидкости. Возникающие пожары и взрывы на таких объектах могут повлечь за собой огромный материальный и экологический ущерб, а также гибель людей.

В данной работе внимание обращено к резервуарам вертикальным стальным (далее – РВС) для хранения нефти и нефтепродуктов, в том числе с высоким содержанием серы. Помимо большой пожарной опасности, представляемой хранящимися жидкостями, высокое содержание различных примесей серы приводит к образованию пиррофорных отложений, которые способны при окислении кислородом воздуха самовозгораться, что акцентируется во многих работах [3, 6, 7]. Также пиррофорные отложения являются продуктами сероводородной коррозии, а соответственно, наличие сернистых соединений в хранящихся жидкостях приводит к постепенному разрушению конструкций РВС.

Согласно [9] с 1950 по 2010 гг. произошло 150 инцидентов, по данным [10] на пожары РВС, произошедшие по причине самовозгорания пиррофорных отложений, приходится около 30%, т.е. это каждый третий пожар. Целесообразно проведение статистического анализа статистических данных по пожарам РВС от самовозгорания пиррофорных отложений.

Определение частоты реализации будет показывать ожидаемое количество пожаров РВС по причине самовозгорания пиррофорных отложений в год. Для определения частоты реализации использованы статистические данные [1, 2]. Данные по авариям и пожарам, а также по ущербам от аварий и пожаров за 2000–2013 гг. представлены в письме ВНИИПО МЧС России [11], за 2014–2017 гг. на официальном сайте Ростехнадзора [12] и из информационных бюллетеней Ростехнадзора [13–15]. Распределение количества пожаров РВС от самовозгорания пиррофорных отложений показано на рис. 1.

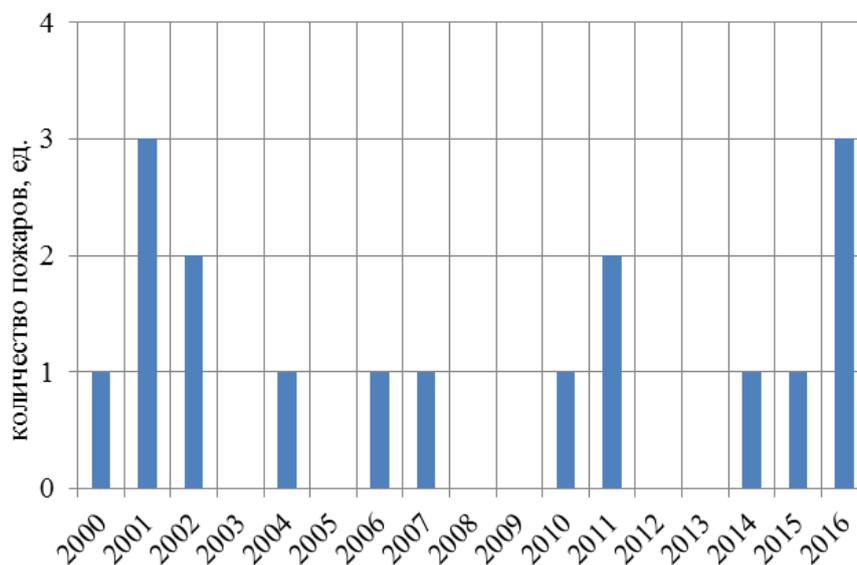


Рис. 1. Распределение количества пожаров РВС от самовозгорания пирофорных отложений

Распределение эмпирических данных по частотам количеств пожаров РВС представлено на рис. 2.

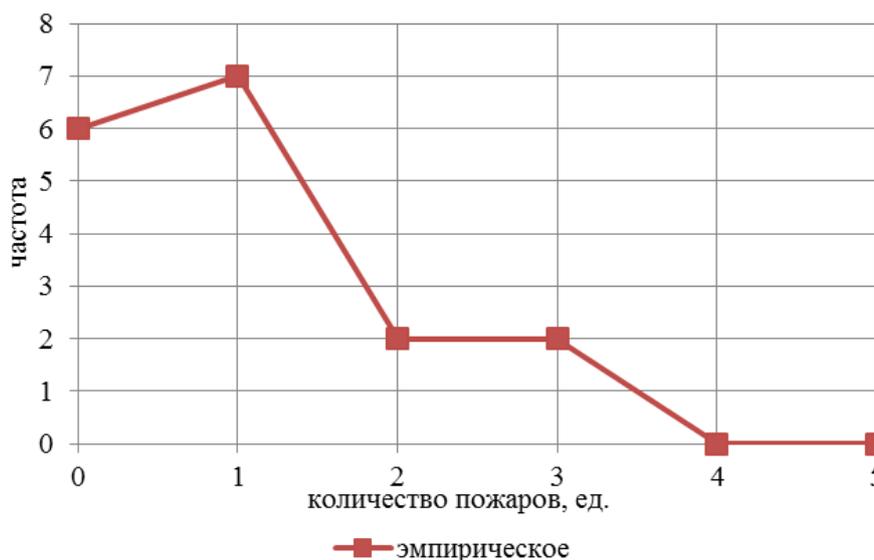


Рис. 2. Распределение эмпирических частот количеств пожаров РВС за год от самовозгорания пирофорных отложений за период с 2000 по 2016 гг.

Согласно [5] определены теоретические частоты n'_i количества пожаров РВС за год от самовозгорания пирофорных отложений по формуле (1):

$$n'_i = \frac{nh}{\sigma_s} \cdot \varphi(u_i), \quad (1)$$

где: n – сумма всех частот; h – шаг между выборкой; σ_s – среднее квадратичное отклонение; $u_i = \frac{x_i - \bar{x}_s}{\sigma_s}$; $\varphi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2}$ (значения данной функции представлены в Приложении 1 [5]).

Используя метод произведений, найдена средняя выборочная \bar{x}_s и среднее квадратичное отклонение σ_s [5]. Результаты проведенных расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Расчетные данные для вычисления средней выборочной и средней дисперсии методом произведения

x_i	n_i	u_i	$n_i \cdot u_i$	$n_i u_i^2$	$n_i (u_i + 1)^2$
0	6	-1	-6	6	-
1	7	0	0	0	7
2	2	1	2	2	8
3	2	2	4	8	18
4	0	3	0	0	0
5	0	4	0	0	0
	$\sum n_i = 17$		$\sum n_i u_i = 0$	$\sum n_i u_i^2 = 16$	$\sum n_i (u_i + 1)^2 = 33$

Вычислим условные моменты первого и второго порядков:

$$M_1^* = \frac{\sum n_i u_i}{\sum n_i} = \frac{0}{17} = 0; \quad M_2^* = \frac{\sum n_i u_i^2}{\sum n_i} = \frac{16}{17} = 0,941.$$

Вычислим среднюю выборочную и среднее квадратичное отклонение, учитывая ложный ноль $C = 1$:

$$\bar{x}_g = M_1^* \cdot h + C = 0 \cdot 1 + 1 = 1;$$

$$D_g = [M_2^* - (M_1^*)^2] \cdot h^2 = [0,941 - 0^2] \cdot 1^2 = 0,941.$$

Вычислим теоретические частоты при $n = 200$, $h = 1$, $\sigma_g = 0,941$, по формуле (1):

$$n'_i = \frac{17 \cdot 1}{0,941} \cdot \varphi(u_i) = 18,066 \cdot \varphi(u_i).$$

Составлена расчетная табл. 2 для определения теоретических частот количеств пожаров РВС от самовозгорания пирофорных отложений.

Таблица 2. Данные для расчета теоретических частот количеств пожаров РВС от самовозгорания пирофорных отложений

i	x_i	$u_i = \frac{x_i - \bar{x}_g}{\sigma_g}$	$\varphi(u_i)$	$n'_i = 18,066 \cdot \varphi(u_i)$
1	0	-1,06	0,2275	4,110015
2	1	0	0,3989	7,206527
3	2	1,06	0,2275	4,110015
4	3	2,12	0,0422	0,762385
5	4	3,19	0,0025	0,045165
6	5	4,25	0	0

Распределение теоретических и эмпирических частот количеств пожаров РВС представлено на рис. 3.

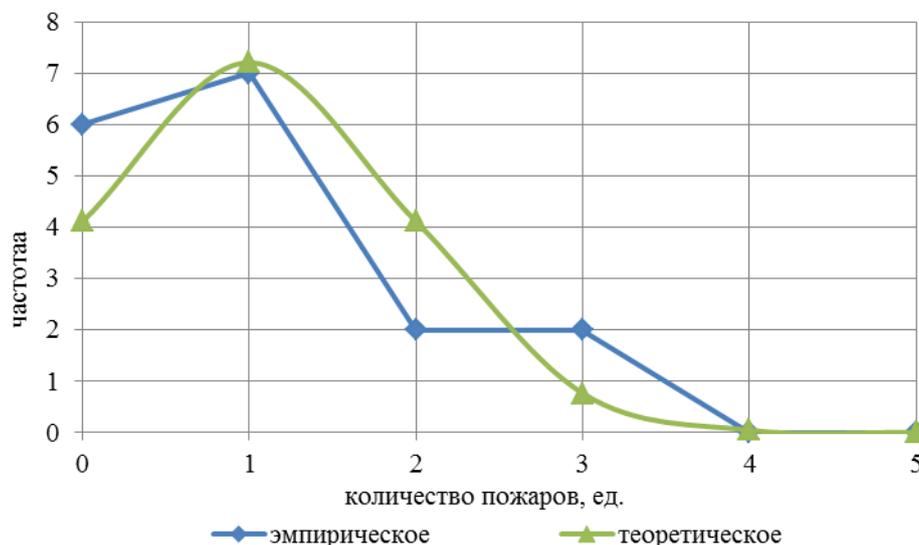


Рис. 3. Распределение эмпирических и теоретических частот количеств пожаров РВС за год от самовозгорания пирофорных отложений за период с 2000 по 2016 гг.

Учитывая то, что количество пожаров РВС представлено за 17 лет, можно также предположить, что статистика по пожарам РВС от самовозгорания пирофорных отложений подчиняются закону распределения (распределение Пуассона). Вероятность возникновения частоты количества событий в год определялась по формуле (2):

$$P_n(k) = \lambda \frac{e^{-\lambda}}{k!}, \quad (2)$$

где: k – частота появления события; λ – среднее число появления события.

Для определения вероятности частот использована программа MS Excel, которая позволяет вычислить вероятности с применением функции ПУАССОН.РАСП. Полученные теоретические данные распределились следующим образом (рис. 4).

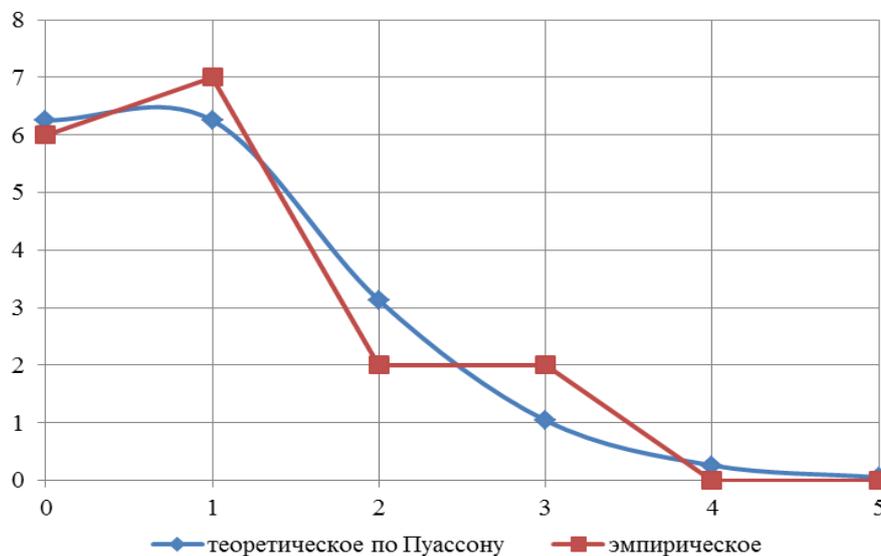


Рис. 4. Распределение эмпирических и теоретических частот по Пуассону количеств пожаров РВС за год от самовозгорания пирофорных отложений за период с 2000 по 2016 гг.

Сравнительный анализ графических изображений теоретических и эмпирических значений распределения говорит о малом расхождении между значениями. С целью выбора более приемлемого распределения сравнены теоретические данные, полученные 1 способом и 2 способом с их эмпирическими значениями с помощью критерия Пирсона (3) [5]:

$$\chi^2 = \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}, \quad (3)$$

где: n_i – эмпирическая частота количества пожаров; n'_i – теоретическая частота количества пожаров.

Для этого составим расчетные табл. 3 и 4 для сравнения теоретических данных, полученных 1 способом и 2 способом соответственно.

Таблица 3. Расчетные данные для проверки теоретических частот, полученных 1 способом по критерию Пирсона

<i>i</i>	<i>n_i</i>	<i>n'_i</i>	<i>n_i - n'_i</i>	$(n_i - n'_i)^2$	$\frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$
1	6	4,110015	1,889985	3,572043	0,869107
2	7	7,206527	-0,20653	0,042653	0,005919
3	2	4,110015	-2,11002	4,452163	1,083247
4	2	0,762385	1,237615	1,531691	2,009078
5	0	0,045165	-0,04517	0,00204	0,045165
6	0	0	0	0	0
Σ	17	–	–	–	4,0125

Таблица 4. Расчетные данные для проверки теоретических частот, полученных по закону распределения Пуассона согласно критерию Пирсона

<i>i</i>	<i>n_i</i>	<i>n'_i</i>	<i>n_i - n'_i</i>	$(n_i - n'_i)^2$	$\frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$
1	6	6,254	-1,254	1,572516	0,2514
2	7	6,254	0,746	0,556516	0,089
3	2	3,127	-1,127	1,270129	0,4062
4	2	1,042	0,958	0,917764	0,8808
5	0	0,261	-0,261	0,068121	0,261
6	0	0,052	-0,052	0,002704	0,052
Σ	17	–	–	–	1,9404

Установлено, что $\chi^2 = 4,0125$. При уровне значимости $\alpha = 0,05$ и количеству степеней свободы $s = 6 - 3 = 3$ критическое значение составило:

$$\chi_{кр}^2(0,05; 3) = 7,8.$$

Определено, что $\chi^2 = 1,9404$. При уровне значимости $\alpha = 0,05$ и количеству степеней свободы $s = 3$ критическое значение также равно: $\chi_{кр}^2(0,05; 3) = 7,8$.

Так как в обоих случаях $\chi^2 < \chi_{кр}^2$, делаем вывод о том, что нет оснований отвергать обе гипотезы о распределении случайной величины. Поскольку тео-

ретическое распределение частот по закону Пуассона ($\chi^2 = 1,9404$) имеет меньшее значение критерия Пирсона, чем распределение теоретических частот, полученных по формуле (1) ($\chi^2 = 4,0125$), значит, в данном случае оно является более приемлемым.

Определим частоту пожаров РВС от самовозгорания пирофорных отложений при нормальном режиме работы по формуле (4):

$$\lambda_{\text{экспл}} = \frac{N_{\text{пож}}}{N_{\text{РВС}} \tau_{\text{экспл}}}, \quad (4)$$

где: $N_{\text{пож}}$ – количество пожаров РВС от самовозгорания пирофорных отложений; $N_{\text{РВС}}$ – количество РВС; $\tau_{\text{экспл}}$ – время наблюдения за РВС при их нормальном режиме работы.

Количество РВС примем в размере 38730 шт., как в работе [9], где принято их усредненное количество на объектах нефтедобычи, транспортировки нефти и нефтепродуктов, переработки нефти, хранения нефти и нефтепродуктов, энергетики и экспорта нефти, без учета «мини-НПЗ». Общее время наблюдения составляет 17 лет. Также примем в учет время гидроиспытаний (время, когда РВС не будет эксплуатироваться), учитывая среднюю продолжительность испытаний 48 ч [4], среднее количество гидроиспытаний РВС за 17 лет – 1,7 раз. Время гидроиспытаний за 17 лет составит 0,00931 года.

С учетом приведенных выше данных частота количества пожаров РВС по причине самовозгорания пирофорных отложений составляет:

$$\lambda_{\text{экспл}} = \frac{17}{38730 \cdot (17 - 0,00931)} = 2,5834 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Полученная таким образом частота пожаров может использоваться для определения риска возникновения пожара РВС по причине самовозгорания пирофорных отложений. Представлены распределения теоретических частот пожаров РВС от самовозгорания пирофорных отложений, оба распределения значительно коррелируют с эмпирическими данными, однако согласно критерию Пирсона определено, что наиболее приемлемым является распределение частот по закону Пуассона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ МЧС России от 10.07.2009 №404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».
2. ГОСТ Р 51901-2002 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем.
3. *Азовцев А.Г., Салихова А.Х., Сырбу С.А.* Образование пирофорных отложений на внутренней поверхности оборудования для хранения нефти и нефтепродуктов как возможность возникновения чрезвычайных ситуаций. Вестник Воронежского института ГПС МЧС России, №2 (19), 2016. ISSN 2226-700X.
4. *Бояров А.Н.* Механизм формирования и защита от самовозгорания пирофорных отложений в вертикальных резервуарах (на примере ОАО «Самаранефтегаз»): дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03. Уфа, 2010. 129 с.
5. *Гмурман В.Е.* Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1975. 400 с.
6. *Заседателева Н.А., Реформатская И.И., Подобаев А.Н., Бегишев И.Р.* Образование пожароопасных пирофорных отложений при коррозии стали в сероводородной газовой среде // Системы безопасности: материалы четырнадцатой научно-технической конференции - СБ-2005. М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. 299 с. URL: <http://agps-2006.narod.ru/konf/2005/sb-2005/sec-2-05/28.2.05.pdf>.
7. *Петров А.П., Иванов В.Г., Глухов Г.Ю.* Исследование опасности самовозгорания пирофорных отложений в резервуарах с нефтью. [Интернет-ресурс] Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» (<http://ipb.mos.ru/ttb>) URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2009-3/08-03-09.ttb.pdf>
8. *Шаптала В.Г.* Основы моделирования чрезвычайных ситуаций: учеб. пособие / В.Г. Шаптала, В.Ю. Радоуцкий, В.В. Шаптала; под общ. ред. В.Г. Шапталы. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 166 с.
9. *Швырков С.А., Горячева М.Н., Воробьев В.В., Петров А.П.* Дифференцированный подход к определению частоты разрушений резервуаров для оценки пожарного риска на объектах ТЭК // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2012. №3 (12). С. 48–53
10. *Швырков С.А., Батманов С.В.* Анализ статистических данных квазимгновенных разрушений вертикальных стальных резервуаров // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2008. №1 (9). С. 56–67
11. Письмо ВНИИПО МЧС России от 31.01.2014 №408-11-6-02 «О предоставлении статистической информации по пожарам».

12. Уроки, извлеченные из аварий [Электронный ресурс]. Официальный сайт Ростехнадзора. URL: <http://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/> (дата обращения: 15.11.2017).

13. Информационная бюллетень [Электронный ресурс] Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору №5 (56) 2011 URL: http://ib.safety.ru/assets/pdf/Bull_56/Bull_56_19-26.pdf

14. Информационная бюллетень [Электронный ресурс] Госгортехнадзора №3 2002 URL: http://ib.safety.ru/assets/pdf/Bull_3/Bull_3_2-36.pdf

15. Информационная бюллетень [Электронный ресурс] Госгортехнадзора №6 (15) 2004 URL: http://ib.safety.ru/assets/pdf/Bull_15/Bull_15_5-27.pdf

Azovtsev Aleksandr Grigor'evich

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: asovtsev121@mail.ru

Salihova Anisa Hamidovna

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: salina77@mail.ru

Syrbu Svetlana Aleksandrovna

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: syrbue@yandex.ru

About risk of auto-ignition of pyrophoric deposits in oil tank with containing of sulphurous oil and petroleum products

Abstract. At paper statistics on fires of oil tanks from spontaneous combustion of pyrophoric deposits is present. The theoretical frequencies by the calculation method and the Poisson distribution law are determined, the distribution of empirical and theoretical frequencies of fires is given. The hypothesis on the normal distribution of theoretical frequencies by the Pearson criterion is conducted. The most acceptable theoretical distribution is determined. The theoretical frequency of reservoir fires from spontaneous combustion of pyrophoric deposits is given.

Keywords: pyrophoric deposits, sour corrosion, oil and gas industry, hydrogen sulfide, accident, risk, explosions and fires

REFERENCES

1. Prikaz MChS Rossii ot 10.07.2009 №404 «Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska na proizvodstvennyh ob#ektah».
2. GOST R 51901-2002 Menedzhment riska. Analiz riska tehnologicheskikh sis-tem.

3. *Azovcev A.G., Salihova A.H., Syrbu S.A.* Obrazovanie pirofornyh otlozhenij na vnutrennej poverhnosti oborudovanija dlja hranenija nefti i nefteproduktov kak vozmozhnost' vzniknovenija chrezvychajnyh situacij. Vestnik Voronezhskogo in-stituta GPS MChS Rossii, №2 (19), 2016. ISSN 2226-700H.

4. *Bojarov A.N.* Mehanizm formirovanija i zashhita ot samovozgoranija pirofor-nyh otlozhenij v vertikal'nyh rezervuarah (na primere OAO «Samaraneftegaz»): dis. ... kand. tehn. nauk: 05.26.03. Ufa, 2010. 129 s.

5. *Gmurman V.E.* Rukovodstvo k resheniju zadach po teorii verojatnostej i matematicheskoj statistike: ucheb. posobie. M.: Vysshaja shkola, 1975. 400 s.

6. *Zasedateleva N.A., Reformatskaja I.I., Podobaev A.N., Begishev I.R.* Obrazovanie pozharoopasnyh pirofornyh otlozhenij pri korrozii stali v serovodorod-noj gazovoj srede // Sistemy bezopasnosti: materialy chetyrnadcatoj nauchno-tehnicheskoi konferencii - SB-2005. M.: Akademiya GPS MChS Rossii, 2005. 299 s. URL: <http://agps-2006.narod.ru/konf/2005/sb-2005/sec-2-05/28.2.05.pdf>.

7. *Petrov A.P., Ivanov V.G., Gluhov G.Ju.* Issledovanie opasnosti samovozgoranija pirofornyh otlozhenij v rezervuarah s neft'ju. [Internet-resurs] Internet-zhurnal «Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti» (<http://ipb.mos.ru/ttb>) URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2009-3/08-03-09.ttb.pdf>

8. *Shaptala V.G.* Osnovy modelirovanija chrezvychajnyh situacij: ucheb. posobie / V.G. Shaptala, V.Ju. Radouckij, V.V. Shaptala; pod obshh. red. V.G. Shaptaly. Bel-gorod: Izd-vo BGTU, 2010. 166 s.

9. *Shvyrkov S.A., Gorjacheva M.N., Vorob'ev V.V., Petrov A.P.* Differencirovannyj podhod k opredeleniju chastoty razrushenij rezervuarov dlja ocenki pozharo-go riska na ob#ektah TJeK // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashhenie, li-kvidacija. 2012. №3 (12). S. 48–53

10. *Shvyrkov S.A., Batmanov S.V.* Analiz statisticheskikh dannyh kvazimgno-vennyh razrushenij vertikal'nyh stal'nyh rezervuarov // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashhenie, likvidacija. 2008. №1 (9). S. 56–67

11. Pis'mo VNIPO MChS Rossii ot 31.01.2014 №408-11-6-02 «O predostav-lenii statisticheskoi informacii po pozharam».

12. Uroki, izvlechennye iz avarij [Jelektronnyj resurs]. Oficial'nyj sajt Rostehnadzora. URL: <http://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/> (data obrashhenija: 15.11.2017).

13. Informacionnaja bjulleten' [Jelektronnyj resurs] Federal'noj sluzhby po jekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru №5 (56) 2011 URL: http://ib.safety.ru/assets/pdf/Bull_56/Bull_56_19-26.pdf

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 4 (7) – 2017

14. Informacionnaja bjulleten' [Jelektronnyj resurs] Gosgortehnadzora №3 2002
URL: http://ib.safety.ru/assets/pdf/Bull_3/Bull_3_2-36.pdf

15. Informacionnaja bjulleten' [Jelektronnyj resurs] Gosgortehnadzora №6 (15) 2004
URL: http://ib.safety.ru/assets/pdf/Bull_15/Bull_15_5-27.pdf

Рецензент: доцент кафедры, кандидат технических наук А. А. Арбузова (ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России)

УДК 614.844.6 – 544.773.3

Батов Дмитрий Вячеславович

ФГБУН «Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук», Россия, Иваново
Ведущий научный сотрудник
Доктор химических наук
Старший научный сотрудник
E-mail: bat21dv@yandex.ru

http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=5730-0728

Мочалова Татьяна Александровна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново
Заместитель начальника кафедры
Кандидат биологических наук
E-mail: mihailmochalov@mail.ru

Сторонкина Ольга Евгеньевна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново
Старший преподаватель
Кандидат химических наук
E-mail: Oleg1968@mail.ru

**Определение огнетушащей эффективности микроэмульсий
на основе воды и 2-йодгептафторпропана**

Аннотация. Исследована огнетушащая эффективность микроэмульсий вода – додецилсульфат натрия – 1-пентанол – триэтанолламин – 2-иодгептафторпропан и вода – додецилсульфат натрия – 1-пентанол – триэтанолламин – 1,1,2,2-тетрафтордибромэтан типа «масло в воде» различного состава. Показано, что полученные микроэмульсии обладают лучшим огнетушащим действием по сравнению с водой.

Ключевые слова: состав, микроэмульсия, ПАВ, огнетушащее средство, огнетушащая эффективность, исследование.

Несмотря на многообразие существующих огнетушащих средств, актуальным остается вопрос создания и последующего внедрения принципиально новых огнетушащих веществ, способных эффективно ликвидировать горение.

Поэтому является актуальной разработка комбинированного огнетушащего состава, механизм прекращения горения которым включает комбинацию нескольких огнетушащих эффектов: химическое торможение процесса горения и охлаждение зоны горения, создаваемых компонентами, содержащимися в рецептуре.

Из литературных источников известно, что хладоны и вода обладают чрезвычайно низкой взаимной растворимостью. Так, растворимость тетрахлорметана в воде при 25°C составляет 0,08 г на 100 мл [1]. Приблизительно такого же порядка и растворимость воды в галогенуглеводородах. Способом их совмещения является получение соответствующих микроэмульсий. Сами по себе микроэмульсии представляют собой прозрачные, оптически изотропные растворы, самопроизвольно образующиеся из воды, «масла», поверхностно-активные вещества (ПАВ) и со-ПАВ (вспомогательных веществ). В нашем случае под термином «масло» понимается галогенуглеводород.

Существующие в настоящее время модифицированные комбинированные огнетушащие средства (аэрозоли, смешанные газовые составы, огнетушащие порошки) нестабильны и имеют ряд других недостатков. Так, например, для огнетушащих порошков одним из таких недостатков является их слеживаемость, что требует их периодической замены в устройствах пожаротушения. В отличие от огнетушащих порошков микроэмульсии являются термодинамически стабильными системами и поэтому могут храниться в установках очень долго без потери свойств. Другим достоинством микроэмульсий служит их самопроизвольное образование. Следовательно, их получение не требует сложного специального оборудования. Кроме того, тушение жидкими составами более эффективно, чем газовыми, а срок хранения таких смесей довольно длительный.

В патенте [2] автором предлагается использовать микроэмульсии типа «масло в воде» в качестве огнетушащего средства. В указанном патенте акцент сделан на то, чтобы добиться получения мелкодисперсной воды вблизи пламени за счет ее разбиения при испарении низкокипящего углеводорода (гептан, октан), который является дисперсной (масляной) фазой микроэмульсии. Обычно получение тонкораспыленной воды со средним размером капель порядка 100–150 мкм достигается с помощью специальных устройств.

В литературе также имеются сведения о применении водно-галогенуглеводородных систем в качестве огнетушащего вещества в модульных и стационарных установках [3]. Так, экспериментальные исследования по тушению модельных очагов пожаров ацетона, бензина и дизельного топлива, проведенные автором данного исследования на лабораторной установке автоматического автономного модуля пожаротушения, показали высокую огнетушащую эффективность смеси тетрафтордибромэтан – вода в соотношении 1:70. Указанные смеси применялись при температуре на 30–60°C выше температуры кипения жидкостей. Данные смеси в жидком состоянии и при обычных температурах могли бы быть более эффективными и удобными в использовании. При использовании жидких огнетушащих веществ большой вклад в охлаждение зоны горения вносит нагрев жидкости до температуры кипения и эндотермический процесс испарения жидкости.

Микроэмульсии – прозрачные, оптически изотропные системы, самопроизвольно образующиеся из воды, масла, ПАВ и ко-ПАВ. Их главным отличием от эмульсий является самопроизвольное образование микроэмульсий при определенном соотношении компонентов и определенных внешних условиях. То есть, эти системы обладают термодинамической стабильностью. Будучи пространственно однородными на макроскопических масштабах, микроэмульсии обладают внутренней микроструктурой [4].

Эффективные ПАВ, образующие микроэмульсии при малых концентрациях, характеризуются низкими концентрациями молекулярно растворенного ПАВ в обеих жидких фазах (вода – масло). Поэтому существует ярко выраженное деление на домены трех типов: домены масла, домены воды и мономолекулярные пленки ПАВ.

Применение микроэмульсий обусловлено их способностью поглощать большие объемы воды или углеводородной жидкости, а также солубилизировать в микрокаплях примеси и загрязнения. Это также определяет их как способ и средство совмещения воды и галогенуглеводородов для получения эффективных огнетушащих веществ комбинированного воздействия на пламя [5].

В работах [6, 7, 8] были исследованы негорючие микроэмульсии различного состава, содержащие воду (H₂O), додецилсульфат натрия (NaDDS), 1-пентанол (PeOH) и триэтаноламин (TEA) в качестве ПАВ и ко-ПАВ, а также 1,2-дибромтетрафторэтан (BFE) в качестве масляной фазы. Известно, что в настоящее время BFE ограничено используется при тушении пожаров вследст-

вие значительного озоноразрушающего потенциала. Поэтому целесообразно использование новых, экологически безопасных галогенуглеводородов.

В настоящей работе были получены микроэмульсии вода – додецилсульфат натрия - 1-пентанол – триэтаноламин – 2-иодгептафторпропан типа «масло в воде».

Для приготовления микроэмульсий нами использовались следующие вещества:

- бидистиллированная вода, удельная электропроводность $1 \cdot 10^{-5}$ См/см;
 - 2-иодгептафторпропан (IFP) квалификации «ч»;
 - додецилсульфат натрия (NaDDS) фирмы «Amresco», квалификации «Biotechnology Grade» (содержание основного вещества в препарате более 98%);
 - 1-пентанол (PeOH) квалификации «х.ч.». Количество воды – 1.3 мас. %;
 - триэтаноламин (TEA) квалификации «ч». Количество воды – 2.7 мас. %.
- Все исходные вещества использовались без дополнительной очистки.

Содержание воды в 1-пентаноле и триэтанолаmine определяли титрованием реактивом Фишера [9] и учитывали при приготовлении микроэмульсий.

Исследованные микроэмульсии (табл. 1) характеризуются приблизительно равным содержанием ПАВ + ко-ПАВ (≈ 21 мас. %) и различным соотношением количеств масла и воды.

Таблица 1. Состав микроэмульсий H₂O-NaDDS-PeOH-TEA-хладон типа «масло в воде», масс. %

Компонент	МЭ-1	МЭ-2	МЭ-3	МЭ-4	МЭ-5
C ₂ Br ₂ F ₄	-	-	-	-	2.37
C ₃ IF ₇	1.22	3.40	6.02	9.85	-
H ₂ O	77.61	75.52	72.90	68.89	88.31
NaDDS	8.39	8.35	8.42	8.43	3.83
ТЭА	6.91	6.94	6.77	7.03	3.73
Pe ⁿ OH	5.87	5.79	5.90	5.79	1.75

Микроэмульсия МЭ-5 содержит тетрафтордибромэтан (C₂Br₂F₄) и приготовлена с уменьшенным содержанием ПАВ + ко-ПАВ (≈ 9 мас. %).

Проведенные исследования показали, что микроэмульсии, в которых содержание 2-иодгептафторпропана превышало 5 мас. %, являются светочувствительными системами. На свету они быстро приобретают светло-коричневую окраску, а сам ИФР окрашивается в фиолетовый цвет. Поэтому приготовление и хранение микроэмульсий необходимо проводить в посуде из темного стекла.

Приготовление микроэмульсии необходимо проводить весовым методом, добавлением компонентов в следующем порядке: додецилсульфат натрия – вода – триэтаноламин – 1-пентанол – 2-иодгептафторпропан при энергичном встряхивании сосуда. Триэтаноламин в полученных микроэмульсиях выступает в роли гидротропного соединения. Гидротропные вещества – это соединения, способные увеличивать растворимость органических соединений в воде. Это происходит в результате изменения структуры воды под действием гидротропов, а также образования растворимых аддуктов при взаимодействии гидротропа с органическим веществом. Исследуемые микроэмульсии во всем интервале концентраций при 25°C остаются макроскопически однофазными и прозрачными [10].

Визуальное наблюдение микроэмульсий в течение 12 месяцев показало, что все исследованные микроэмульсионные системы сохраняют макрооднородность, выделения макрофаз в интервале температур 23–40°C не происходит. Доказано, что в микроэмульсиях, содержащих более 6 мас. % C_3F_7I (МЭ-3 и МЭ-4) при температуре ниже 23°C, наблюдается расслоение. При этом образовавшиеся два слоя имеют следующий вид: верхний прозрачный и нижний белый непрозрачный, занимающий при 23°C приблизительно 25 % общего объема. Объем нижнего непрозрачного слоя увеличивался при понижении температуры.

Для испытания на огнетушащую эффективность микроэмульсий использовалась лабораторная установка, состоящая из распылительного устройства, в которое помещается дозированное количество огнетушащего средства, и компрессора с ресивером, электромагнитным клапаном и пусковым устройством, обеспечивающими создание избыточного давления (рис. 1).

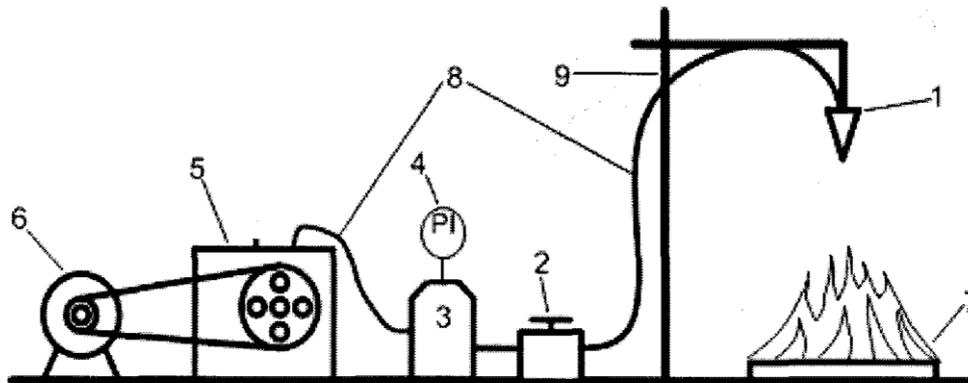


Рис. 1. Схема установки для определения огнетушащей эффективности микроэмульсий:

- 1 – устройство для подачи микроэмульсии, 2 – электромагнитный клапан,
 3 – промежуточная ёмкость, 4 – манометр, 5 – компрессор, 6 – электродвигатель,
 7 – модельный очаг, 8 – шланги высокого давления, 9 – штатив

Распылительное устройство обеспечивало создание и направленную подачу мелкодисперсной жидкости в модельный очаг. Испытания заключались в определении минимального количества микроэмульсии, обеспечивающего уверенное тушение модельного очага пожара горючей жидкости. В качестве модельного очага пожара горючей жидкости использовалось горение 3 мл бензина, налитого на поверхность воды в круглом металлическом поддоне диаметром 20 см и высотой 5 см. Распылительное устройство располагалось над поверхностью жидкости на высоте 50 см. Давление в распылительном устройстве составляло 2 атм.

В качестве огнетушащего средства сравнения использована мелкодисперсная водопроводная вода.

Результаты испытаний микроэмульсий на огнетушащую эффективность представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты испытаний микроэмульсий вода - додецилсульфат натрия – 1-пентанол - триэтаноламин - 2-иодгептафторпропан типа масло в воде на огнетушащую эффективность

Огнетушащее средство (ОС)	Объем ОС (мл)	Результат тушения
Вода	4	Отсутствие тушения
МЭ-1	4	Тушение
	3	Тушение
	2	Отсутствие тушения
МЭ-2	4	Тушение
	3	Тушение
	2	Тушение
	1	Отсутствие тушения
МЭ-3	4	Тушение
	3	Тушение
	2	Тушение
		Отсутствие тушения
МЭ-4	4	Тушение
	3	Тушение
	2	Тушение
		Отсутствие тушения
МЭ-5	4	Тушение
	3	Тушение
	2	Тушение
	1	Отсутствие тушения

Результат «Отсутствие тушения» означает, что при попадании огнетушащего средства в пламя наблюдалось уменьшение размера пламени, однако полного его затухания не происходило. Результат «Тушение» означает, что при подаче указанного количества огнетушащего средства в очаг пожара происходило быстрое и полное затухание пламени.

Из полученных данных следует, что «Отсутствие тушения» наблюдается только при использовании в качестве огнетушащего средства 4 мл воды, 2 мл микроэмульсии МЭ-1, содержащей наименьшее количество 2-

иодгептафторпропана, и других микроэмульсий в количестве менее 2 мл. Во всех остальных случаях зафиксировано тушение модельного очага пожара.

Таким образом, показано, что полученные микроэмульсии обладают лучшим огнетушащим действием по сравнению с мелкораспыленной водой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник химика. М.: Химия, 1964. Т. 2. С. 1020.
2. United States Patent 7004261. Inventors: Adiga, Kayyani C. (Macon, GA, US). Application Number: 10/117669. Publication Date: 02/28/2006. Filing Date: 04/05/2002.
3. Ершов А. В. Исследование эффективности тушения пожаров в замкнутых объемах кораблей и судов комбинированными огнетушащими составами на основе воды: дис. ... канд. техн. наук. С.-Пб., 2002. 128 с.
4. Фриберга С. М. Микроэмульсии: структура и динамика / под ред. С. М. Фриберга и П. Ботореля; пер. с англ. М.: Мир, 1990.
5. Shah D.O. (Ed.). Micelles, Microemulsions and Monolayers: Science and Technology, Marcel Dekker, New York, 1999.
6. Батов Д.В., Мочалова Т.А., Петров А.В. Получение и изучение горючести микроэмульсий вода-ПАВ-со-ПАВ-1,1,2,2-тетрафтордибромэтан // Пожаровзрывобезопасность. 2012. № 4. С. 55–57.
7. Батов Д. В., Карцев В. Н., Штыков С. Н. Получение, теплоемкость и горючие свойства микроэмульсий вода – ПАВ – галогеноуглеводород, пригодных для создания комбинированных огнетушащих средств // Журн. прикл. химии. 2012. Т. 85. № 12. С. 1218–1223.
8. Батов Д.В., Мочалова Т.А. Концентрационная зависимость размера микроагрегатов в микроэмульсиях вода - додецилсульфат натрия - 1-пентанол - триэтанолламин - 2-иодгептафторпропан и вода - додецилсульфат натрия - 1-пентанол – триэтанолламин - 1,2-дибромтетрафторэтан // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 7. С. 71–73.
9. Климова В. А. Основные микрометоды анализа органических соединений. М., 1967. 208 с.
10. Adiga Kayyani C. (Macon, GA, US). Microemulsion mists as fire suppression agents. [US Patent 7004261. Application Number: 10/117669. Publication Date: 02/28/2006. Filing Date:04/05/2002].

Batov Dmitriy Vjacheslavovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Firefighting Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»; Russian Federation, Ivanovo;
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the RAS, Russian Federation, Ivanovo
E-mail: bat21dv@yandex.ru

Mochalova Tatyana Aleksandrovna

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»; Russian Federation, Ivanovo
E-mail: mihailmochalov@mail.ru

Storonkina Olga Evgen'evna

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»; Russian Federation, Ivanovo
E-mail: Oleg1968@mail.ru

Determination of fire extinguishing efficiency of microemules on the basis of water and 2-iodheptafluoropropane

Abstract. The fire-extinguishing efficiency of water-sodium dodecyl sulfate-1-pentanol-triethanolamine-2-iodoheptafluoropropane and water-sodium dodecyl sulfate-1-pentanol-triethanolamine-1,1,2,2-tetrafluorodibromoethane oil-in-water mixtures of various composition was studied. It is shown that the microemulsions obtained have the best extinguishing action in comparison with water.

Keywords: composition, microemulsion, surfactant, fire extinguishing agent, fire extinguishing efficiency, research.

REFERENCES

1. Spravochnik himika. M.: Himija, 1964. T. 2. S. 1020.
2. United States Patent 7004261. Inventors: Adiga, Kayyani C. (Macon, GA, US). Application Number: 10/117669. Publication Date: 02/28/2006. Filing Date: 04/05/2002.

3. *Ershov A. V.* Issledovanie jeffektivnosti tushenija pozharov v zamknutyh ob#emah korablej i sudov kombinirovannymi ognetushashhimi sostavami na osnove vody: dis. ... kand. tehn. nauk. S.-Pb., 2002. 128 s.

4. *Friberga S. M.* Mikrojemul'sii: struktura i dinamika / pod red. S. M. Fri-berga i P. Botorelja; per. s angl. M.: Mir, 1990.

5. *Shah D.O.* (Ed.). Micelles, Microemulsions and Monolayers: Science and Technology, Marcel Dekker, New York, 1999.

6. *Batov D.V., Mochalova T.A., Petrov A.V.* Poluchenie i izuchenie gorjuchesti mikrojemul'sij voda-PAV-so-PAV-1,1,2,2-tetraftordibromjetan // Pozharovzryvobezopasnost'. 2012. № 4. S. 55–57.

7. *Batov D. V., Karcev V. N., Shtykov S. N.* Poluchenie, teploemkost' i gorjuchie svojstva mikrojemul'sij voda – PAV – galogenouglevodorod, prigodnyh dlja sozdaniya kombinirovannyh ognetushashhjih sredstv // Zhurn. prikl. himii. 2012. T. 85. № 12. S. 1218–1223.

8. *Batov D.V., Mochalova T.A.* Koncentracionnaja zavisimost' razmera mikroagregatov v mikrojemul'sijah voda - dodecilsul'fat natrija - 1-pentanol - trijetanola-min - 2-iodgeptaftorpropan i voda - dodecilsul'fat natrija - 1-pentanol – trijeta-nolamin - 1,2-dibromtetraftorjetan // Pozharovzryvobezopasnost'. 2016. T. 25. № 7. S. 71–73.

9. *Klimova V. A.* Osnovnye mikrometody analiza organicheskikh soedinenij. M., 1967. 208 s.

10. *Adiga Kayyani C.* (Macon, GA, US). Microemulsion mists as fire suppression agents. [US Patent 7004261. Application Number: 10/117669. Publication Date: 02/28/2006. Filing Date:04/05/2002].

Рецензент: профессор, доктор технических наук, старший научный сотрудник А. Л. Никифоров (ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России)

УДК 614.841

Таратанов Николай Александрович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново
Старший преподаватель
Кандидат химических наук
E-mail: taratanov_n@mail.ru

SPIN-код: 5370-6826

Шавлюга Антон Александрович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново
Магистрант
E-mail: shavlyuganton@mail.ru

Моделирование пожара, произошедшего в ресторане «Запрудка», с использованием программы FireGuide

Аннотация. В рамках работы произведен анализ пожарной опасности здания и реконструкция процесса возникновения и развития пожара в здании ресторана «Запрудка» с использованием компьютерного моделирования динамики опасных факторов пожара. Предметом исследования являются причины наступления тяжких последствий пожара в виде имущественного ущерба. При проведении комплексной пожарно-технической экспертизы была использована полевая математическая модель пожара (FDS), для реконструкции процесса распространения горения. В процессе реконструкции была предложена модель возникновения и развития горения в здании ресторана «Запрудка». Анализ результатов моделирования показал, что реконструкция возникновения и развития пожара наиболее полно отражает динамику развития пожара и подтверждается объяснениями очевидцев, а также результатами применяемых инструментальных (полевых) исследований. Таким образом, учитывая, что качественная и количественная оценка термических поражений не противоречат проведенной реконструкции начальной стадии развития пожара, а также дальнейшего процесса распространения горения, делаем вывод о том, что первоначальное горение возникло в северной части у барной стойки и в восточной части первого этажа здания ресторана «Запрудка».

Ключевые слова: реконструкция пожара, экспертный анализ, пожар, полевая математическая модель пожара (FDS), пожарно-техническая экспертиза, развитие пожара, Fire Guide.

В настоящее время в большей мере, чем когда-либо, уделяется внимание вопросам расследования пожаров. Это связано с общим ростом числа пожаров и особенно криминальных.

Благодаря совершенствованию правовой системы государства становится все более важным установление истинной причины пожара и его виновников. При этом свою позицию в данных вопросах специалистам пожарной охраны и правоохранительных органов все чаще приходится не объявлять, а доказывать, в том числе, в суде, имея в качестве оппонентов адвокатов и приглашенных ими специалистов (экспертов). Чтобы доказать суду (в том числе судам присяжных, которые в ближайшее время должны появиться во всех регионах России) свою правоту, специалисту нужны не эмоции и общие соображения, а веские аргументы.

Экспертный анализ пожара – прикладное научное направление (или комплекс научных знаний и практических навыков), которое сложилось на стыке судебной экспертизы и прикладной науки о пожарах, их возникновении, развитии, тушении и профилактике. Термин этот далеко не нов, он использовался в пожарно-технической литературе, правда, не всегда удачно.

Было бы неправильно отождествлять «экспертный анализ пожара» с «судебной пожарно-технической экспертизой», укладывая первую в «прокрустово ложе» классов, родов и видов криминалистических и судебных экспертиз и задач обеспечения следствия и судопроизводства. У экспертного анализа пожаров шире круг решаемых задач, объектов и методов исследования. Шире и использование полученной информации – это не только обеспечение расследования пожаров, но и пожарная профилактика, тактика, обеспечение повышения уровня пожарной безопасности приборов, оборудования, зданий и сооружений.

Сегодня экспертиза пожаров – это комплекс специальных познаний, необходимых для исследования места пожара, отдельных конструкций, материалов, изделий и их обгоревших остатков с целью получения информации, необходимой для установления очага пожара, его причины, путей распространения горения, установления природы обгоревших остатков, а также решения некото-

рых других задач, возникающих в ходе исследования и расследования пожара.

Экспертизы по делам о пожарах относят к наиболее сложным видам криминалистического исследования. Объект этого исследования обычно не умещается под микроскопом или на лабораторном столе, он может занимать десятки тысяч квадратных метров, представляя собой всю зону пожара (пожарища). При этом каждый отдельный предмет в пределах данной зоны подвергся воздействию фактора, самого разрушительного для структуры и индивидуальных особенностей любого вещества, – воздействию огня.

Недаром злоумышленники считают поджог лучшим способом замести следы содеянного, и, тем не менее, пожарище – это уникальный объект исследования. Уже сегодня, при нынешнем уровне знаний, он способен дать квалифицированному специалисту массу важной информации. Информация эта позволяет устанавливать происхождение отдельных сгоревших объектов, обнаруживать следы сгоревших веществ; наконец, сам характер термических поражений материалов и конструкций, свойства материалов и их обгоревших остатков способны помочь эксперту обнаружить место, где пожар возник, установить причину пожара и обстоятельства, послужившие причиной наступления тяжких последствий.

В рамках выполнения данной работы предпринята попытка разработки методов анализа и реконструкции процесса возникновения и развития пожара с использованием компьютерного моделирования динамики опасных факторов пожара. Актуальность проведения реконструкции возникновения и развития пожара обусловлена комплексным подходом к подготовке технического заключения по отработке версий возникновения пожара.

Целью работы является проведение комплексного экспертного исследования в области пожарной безопасности пожара, произошедшего 2 июня 2016 года в здании ресторана «Запрудка» (см. рис. 1).

В результате пожара причинен крупный материальный ущерб собственнику данного ресторана. Здание ресторана частично уничтожено и восстановлению не подлежит.



Рис. 1. Вид ресторана с северной стороны вход в здание

Для выяснения всех обстоятельств дела произвели реконструкцию пожара при помощи программного комплекса Fire Guide с целью косвенного подтверждения расположения очага пожара (см. рис. 2 и 3).

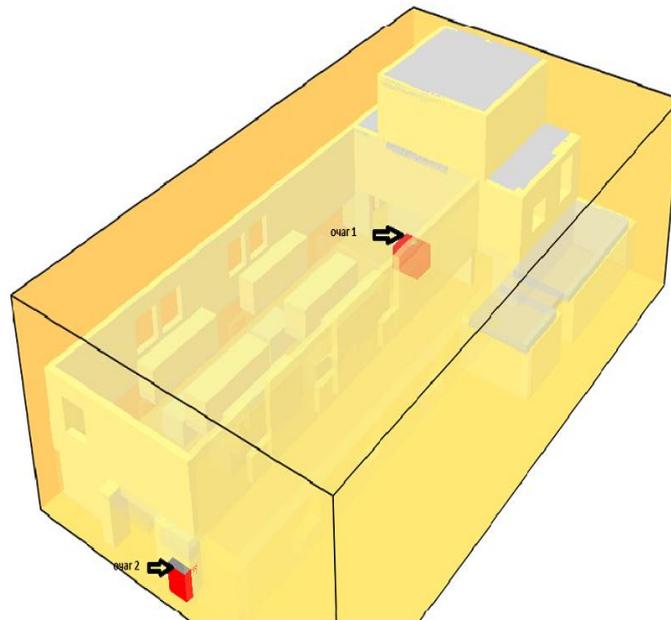


Рис. 2. Схема расположения очагов пожара при моделировании

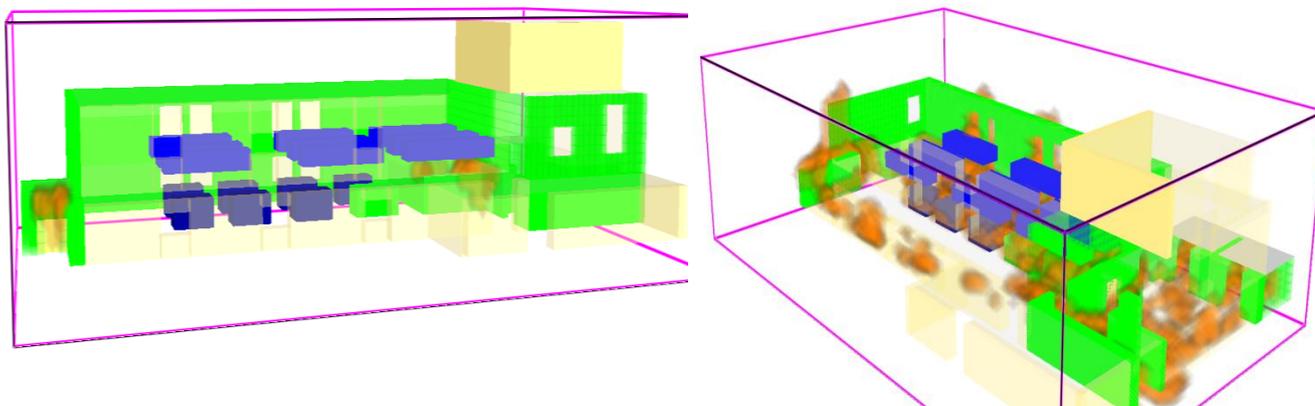


Рис. 3. Модель развития горения на 505 и 977 секунде

Программа FireGuide является графической оболочкой для консольных программ FDS+EVAC. Программа позволяет производить расчет множества зданий в одном проекте с указанием участков пожарной нагрузки в помещениях и учетом взаимного расположения участков и предельных расстояний. Также возможно добавление собственных материалов и их редактирования. Программа осуществляет импорт содержимого окна AutoCad. Программный продукт имеет 2D/3D режимы визуализации, автоматический подбор количества ячеек под размер сетки, библиотеки реакций, свойств материалов и поверхностей. Все это позволяет производить интерактивное редактирование объектов. Удобный встроенный инструмент позволяет осуществить запуск процесса выполнения расчета FDS и просмотр в Smokeview. Основными целями FDS являются решение прикладных задач и обеспечение специалистов инструментом для изучения фундаментальных процессов при пожаре. Программа FDS, основанная на полевом методе термодинамического анализа, реализует вычислительную гидродинамическую модель CFD (Computational fluid dynamics) тепломассопереноса при горении, численно решает уравнения Навье-Стокса для низкоскоростных температурно-зависимых потоков, при этом особое внимание уделяется распространению дыма и теплопередаче при пожаре.

Предметно-вещевая обстановка и материалы конструкций воспроизведены на основе анализа оставшихся после пожара частей отделки, а также фотографий, выложенных в сети Интернет.

Развитие пожара было смоделировано по двум сценариям. Первый сценарий отрабатывался с одним очагом пожара, расположенным на первом этаже в северной части здания у барной стойки. Второй сценарий отрабатывался с двумя очагами пожара, расположенными на первом этаже в северной части у барной стойки и на первом этаже в восточной части здания в подсобном помещении.

Результаты моделирования по первому сценарию не согласуются со следами, оставшимися после ликвидации пожара и показаниями очевидцев. При отработке второго сценария с двумя очагами пожара наиболее полно согласуется с материалами осмотра места пожара и наступившими последствиями. Время моделирования 1860 секунд (затрачено 9,5 ч). На рис. 2 представлена схема расположения очагов пожара.

Анализируя полученные данные по двум сценариям, можно сделать вывод, что при возникновении устойчивого горения на первом этаже помещения северной части здания пожар распространился через щелевые прогары со стороны барной стойки к пустотам между бревном и плиткой, где происходил процесс тления. Что подтверждается исследованием углей. Следовательно, в границах барной стойки на деревянных конструкциях горение возникло на более ранних этапах пожара, чем на поверхности бревен со стороны моечного помещения.

Таким образом, учитывая, что качественная и количественная оценка термических поражений не противоречат проведенной реконструкции начальной стадии развития пожара, а также дальнейшего процесса распространения горения, делаем вывод о том, что первоначальное горение возникло в северной части помещения у барной стойки и в подсобном помещении с восточной стороны.

Заключение

При расследовании и экспертизе пожаров важным фактором в разрешении дела является установление всех обстоятельств, предшествующих пожару. С помощью них можно установить причины и факторы, способствовавшие возникновению и развитию горения.

В результате данного пожара причинен крупный материальный ущерб собственнику ресторана. Здание ресторана частично уничтожено и восстановлению не подлежит. Для выяснения всех обстоятельств дела произвели реконструкцию пожара при помощи программного комплекса Fire Guide с целью

косвенного подтверждения расположения очагов пожара. В ходе выполненной работы произведен анализ пожарной опасности здания и реконструкция процесса возникновения и развития пожара в здании ресторана и произведен расчет экологического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха. Учитывая материалы протокола осмотра места происшествия и программного моделирования процесса развития пожара, наиболее вероятной причиной пожара в здании ресторана можно назвать открытый источник огня с применением легко воспламеняющейся жидкости или горючей жидкости. Рассчитанный экологический ущерб от загрязнения атмосферного воздуха в результате пожара в здании ресторана «Запрудка» составил 9152,189 руб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дознание и экспертиза пожаров. Справочное пособие. ИПЛ УПО УВД Волгоградского облисполкома, 1986.
2. *Зернов С. И.* Задачи пожарно-технической экспертизы и методы их решения: учебное пособие. М.: ЭКЦ МВД РФ, 2001. 200 с.
3. *Овсянников М. Ю., Мурзин Р. А.* Прогнозирование опасных факторов пожара: лабораторный практикум. Учебное пособие по дисциплине «Прогнозирование опасных факторов пожара» для курсантов, слушателей и студентов, обучающихся по специальностям: 280104.65 - «Пожарная безопасность», 280700.62 - «Техносферная безопасность», 280103.65 - «Защита в чрезвычайных ситуациях». Иваново: ИВИ ГПС МЧС России, 2010. 151 с.
4. *Чешко И. Д., Юн. Н. В., Плотников В. Г.* Осмотр места пожара: методическое пособие. М.: ВНИИПО, 2004. 503 с.
5. *Чешко И. Д., Плотников В. Г.* Анализ экспертных версий возникновения пожара. В 2-х книгах. СПбФ ФГУ ВНИИПО МЧС России, Кн. 2. СПб., 2012. 364 с.
6. *Чешко И. Д., Плотников В. Г.* Анализ экспертных версий возникновения пожара. В 2-х книгах. СПбФ ФГУ ВНИИПО МЧС России, Кн. 1. СПб., 2010. 708 с.
7. *Чешко И. Д.* Технические основы расследования пожаров: методическое пособие. М.: ВНИИПО, 2002. 330 с.
8. *Чешко И. Д.* Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования). СПб.: Санкт-Петербургский институт пожарной безопасности МВД РФ, 1997. 562 с.

Taratanov Nikolay Aleksandrovich

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: taratanov_n@mail.ru

Shavlyuga Anton Aleksandrovich

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: shavlyuganton@mail.ru

Simulation of a fire that occurred on 2 June 2016 at the restaurant «Zaprudka», Kokhma, using the program FireGuide

Abstract. In the framework of the work carried out the analysis of fire hazard of the building and reconstruction process of the origin and development of fire in the building of the restaurant «Zaprudka» using computer simulation of the dynamics of dangerous factors of fire. The subject of study is the cause of occurrence of serious consequences of fire in the form of property damage. When carrying out complex fire-technical examination was used to field a mathematical model of the fire (FDS) for the reconstruction of the process of propagation of the combustion. In the process of reconstruction was the proposed model of the origin and development of combustion in the building of the restaurant «Zaprudka». Analysis of simulation results showed that the reconstruction of the origin and development of fire best reflects the dynamics of the fire, and reflected in the explanations of witnesses, as well as in the results of the tool applied (field) research. Thus, given that the qualitative and quantitative assessment of thermal injuries do not contradict the reconstruction of initial stage of fire development and the further process of propagation of the combustion, we conclude that the initial burning occurred in the Northern part at the bar and in the Eastern part of the ground floor of the restaurant «Zaprudka».

Keywords: reconstruction of a fire, forensic analysis, fire, field mathematical model of the fire (FDS), fire-technical examination, development of fire, Fire Guide.

REFERENCES

1. Doznanie i jekspertiza pozharov. Spravochnoe posobie. IPL UPO UVD Volgogradskogo oblispolkoma, 1986.
2. *Zernov S. I.* Zadachi pozharno-tehnicheskoy jekspertizy mi metody ih reshenija: uchebnoe posobie. M.: JeKC MVD RF, 2001. 200 s.
3. *Ovsjannikov M. Ju., Murzin R. A.* Prognozirovanie opasnyh faktorov pozhara: laboratornyj praktikum. Uchebnoe posobie po discipline «Prognozirovanie opasnyh faktorov pozhara» dlja kursantov, slushatelej i studentov, obuchajushhihsja po special'nostjam: 280104.65 - «Pozharnaja bezopasnost'», 280700.62 - »Tehnosfernaja bezopasnost'«, 280103.65 - «Zashhita v chrezvychajnyh situacijah». Ivanovo: IvI GPS MChS Rossii, 2010. 151 s.
4. *Cheshko I. D., Jun. N. V., Plotnikov V. G.* Osmotr mesta pozhara: metodicheskoe posobie. M.: VNIPO, 2004. 503 s.
5. *Cheshko I. D., Plotnikov V. G.* Analiz jekspertnyh versij vzniknove-nija pozhara. V 2-h knigah. SPbF FGU VNIPO MChS Rossii, Kn. 2. SPb., 2012. 364 s.
6. *Cheshko I. D., Plotnikov V. G.* Analiz jekspertnyh versij vzniknove-nija pozhara. V 2-h knigah. SPbF FGU VNIPO MChS Rossii, Kn. 1. SPb., 2010. 708 s.
7. *Cheshko I. D.* Tehnicheskie osnovy rassledovanija pozharov: metodicheskoe posobie. M.: VNIPO, 2002. 330 s.
8. *Cheshko I. D.* Jekspertiza pozharov (ob#ekty, metody, metodiki issledovanija). SPb.: Sankt-Peterburgskij institut pozharnoj bezopasnosti MVD RF, 1997. 562 s.

Рецензент: профессор, доктор технических наук, старший научный сотрудник А. Л. Никифоров (ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России)

ПОЖАРОТУШЕНИЕ

УДК 614.8

Кулагин Анатолий Васильевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново
Старший преподаватель
E-mail: rim-sgpu@rambler.ru

Шипилов Роман Михайлович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново
Доцент
Кандидат педагогических наук
Доцент
E-mail: rim-sgpu@rambler.ru

Легошин Михаил Юрьевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново
Начальник кафедры
E-mail: rim-sgpu@rambler.ru

Ведяскин Юрий Алексеевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново
Преподаватель
E-mail: rim-sgpu@rambler.ru

Архангельский Константин Николаевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново
Курсант
E-mail: 2525245245@bk.ru

Переко́с фаз как причина пожара

Аннотация: в данной статье рассмотрено такое явление, как переко́с фаз, его пожарная опасность, а также сущность явления. Представлены ситуации, при которых возможно возникновение этого явления. Разобраны основные

причины возникновения перекоса фаз, виды нагрузок, возникающих при работе электроприемников. Представлены негативные последствия явления перекоса фаз при работе для однофазных электроприемников, для трехфазных электроприемников, а также для источников электроэнергии и потребителей, которые связаны с безопасностью, по причине того, что повреждение изоляции может привести к поражению электрическим током, а также стать причиной пожара. Представлены способы устранения перекоса фаз, а именно технология, которая позволяет симметризовать напряжение фаз между собой, то есть выравнять напряжение не на каждой фазе отдельно, а симметризовать всю трехфазную систему. В статье также говорится о симметрирующем трансформаторе – устройстве, позволяющем понижать электропотребление из сети для электроприемников.

Ключевые слова: перекос фаз, неравномерность нагрузки, трансформатор, электроприемник, потребитель, симметрирование, обмотки источников электроэнергии, нулевой проводник, сети.

Актуальность.

Согласно официальным данным МЧС России ежегодно на причины пожаров от электроустановок и электропроводки приходится 26–29% от общего числа пожаров. Учитывая это, исследование причин пожаров от электроустановок является актуальным. В данной работе описываются теоретические положения по такой возможной причине пожара, как перекос фаз. На рис. 1 представлена векторная диаграмма, на которой показано смещение фазных напряжений при несимметричной нагрузке [9].

Данное явление может случиться только в многофазных сетях (в трехфазных, четырех-, пятипроводных сетях, напряжение которых находится в пределах до 1000 В). Появление перекоса фаз при соединении обмоток многофазной системы «треугольником» невозможно ввиду равенства линейных и фазных напряжений, поэтому для возникновения такого явления обмотки источников электроэнергии должны быть соединены в «звезду» с выведенным нулем (более распространенная схема за счет возможности использования двух систем напряжений).

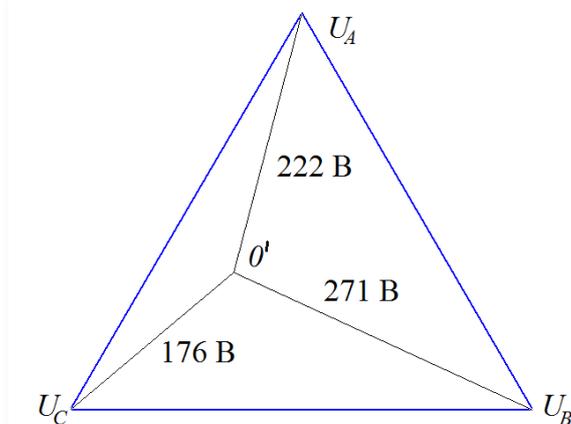


Рис. 1. Векторная диаграмма смещения фаз относительно нуля в трехфазной системе

Сам по себе нулевой проводник играет двойную роль – применяется для замыкания электроприборов на одну фазу, а также играет защитную роль – выравнивает фазные напряжения. Если рассматривать пятипроводную систему, то там также присутствует два нулевых проводника – рабочий и защитный, и каждой функции будет соответствовать определенный провод. В данной работе рассматривается исключительно перекос фаз.

Рассмотрим подробнее рис. 1. Здесь векторы $U_{AO'}$, $U_{BO'}$ и $U_{CO'}$ являются фазными напряжениями, а U_AU_B , U_BU_C и U_AU_C – линейными, где более наглядно представлено смещение фазных напряжений. Смещение точки начала векторов от центра треугольника и есть отображение перекоса фаз. При неравенстве напряжений в нулевом проводнике возникает уравнительный ток I и напряжение смещения U , которые соответствуют вектору OO' , значения же линейных напряжений U_AU_B , U_BU_C и U_AU_C остаются неизменными. При равенстве напряжений точка начала векторов находилась бы в центре треугольника. Также, в случае, когда нагрузка симметричная, углы между векторами фазных напряжений составляют 120° (рис. 2) [9, 10].

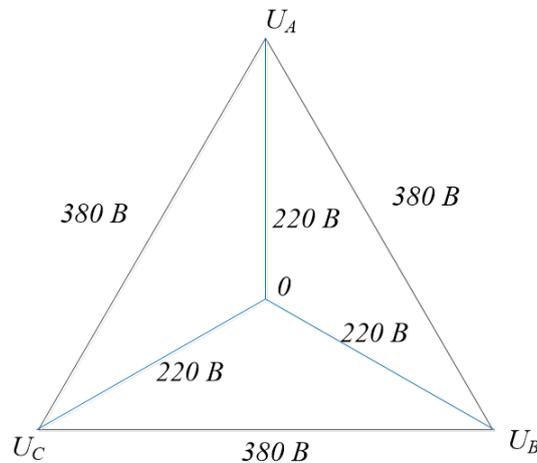


Рис. 2. Векторная диаграмма линейных и фазовых напряжений при симметричной нагрузке в трехфазной сети

Векторная диаграмма, представленная на рис. 2, является идеальной. На практике такое распределение векторов встречается очень редко, например, в электродвигателях, где обмотки специально выполняют одинаковыми для обеспечения равномерного распределения нагрузки. В реальности распределение напряжений между векторами различно, что связано с особенностями устройства и потребления электрической энергии электроустановок. Даже при равенстве нагрузок по величине омического сопротивления может возникать различие в характере нагрузки, а также во времени включения электроприборов в сеть.

Выделяют множество причин перекоса фаз, которые относят к внешним или внутренним причинам.

К внутренним причинам относятся такие причины, которые напрямую зависят от потребителей – это одновременность включения мощного электрооборудования, нагрузка фазы без учета мощности электрооборудования, обрыв фазы, обрыв нулевого проводника, применение нагрузки различного характера. По характеру нагрузка может быть активной или реактивной (индуктивной, емкостной). К внешним причинам относятся использование электроустановок, потребляющих большое количество электроэнергии, либо неисправности распределяющих устройств.

В результате перекоса фаз происходит снижение безопасности для потребителей, повышение износа электрооборудования, повышенное энергопотребление, большие потери источников электроэнергии [1, 2, 3, 8]. Рассмотрим каждый случай подробно.

Снижение безопасности для людей заключается в том, что в случае возникновения перекоса фаз возникает вероятность получения травмы электрическим током и загорания электрооборудования или электропроводки вследствие увеличения выделяемой теплоты и нарушения изоляции.

Неравномерное распределение напряжений в сети повышает риск износа электрооборудования. На одной фазе возникает низкое напряжение, и электрооборудование работает не на полную мощность, с перебоями – наблюдается мерцание осветительных приборов. При этом на другой фазе происходит увеличение напряжения, в результате чего приборы перегорают, наблюдается слишком яркое свечение за счет более большого падения напряжения на участке [2]. Особенно чувствительны к перепадам напряжения электронные приборы, которые выходят из строя в первую очередь.

В электроустановках, работающих от трехфазной сети, также наблюдается неравномерность распределения напряжения, что приводит к неполноценной работе силового электрооборудования в режиме «пуска». Так как пусковой ток в электроустановках в разы превышает номинальный ток, то такой аварийный режим работы приводит к перегревам и возможному выходу из оборудования и приборов из строя.

Последствия, которые возникают в источниках электрического тока, заключаются в повышенных потерях электроэнергии и большем энергопотреблении на отдельных участках сети. Также перекос фаз приводит к перегрузке отдельных фаз источника электричества, и, соответственно, к механическим повреждениям узлов и увеличению износа механизмов, повышенному расходу материалов для эксплуатации.

Существует несколько способов устранения перекоса фаз [6]:

- расчет потребляемой нагрузки на фазах;
- установка стабилизаторов напряжения;
- использование симметрирующего трансформатора;
- устройство для управления трехфазной нагрузкой с защитой от перекоса фаз и сигнализацией [7].

Говорить о возможности полного устранения перекоса фаз не приходится ввиду сложности обеспечения равенства нагрузок на фазах по величине и характеру сопротивления. Для обеспечения постоянства значения напряжения на определенном уровне используют стабилизаторы напряжения. В бытовых условиях наиболее часто используются однофазные стабилизаторы, позволяющие защитить электрооборудование от скачков напряжения. В трехфазных сетях используются трехфазные стабилизаторы, представляющие собой устройство из трех однофазных стабилизаторов. Применение стабилизаторов напряжения не позволяет полностью добиться устранения перекоса фаз, а в случае с трехфазным стабилизатором выравнивание одной из фаз может привести к перекосу на других фазах.

Симметрирующие трансформаторы более надежны в плане защиты от перекоса фаз, чем стабилизаторы напряжения, за счет конструктивных особенностей. Применение такого устройства для управления трехфазной нагрузкой позволяет осуществлять эффективный контроль уровня перекоса фаз, что является основной отличительной особенностью симметрирующего трансформатора [4]. Устранение перекоса фаз в данном случае осуществляется с помощью катушки индуктивности, на которую подается выпрямленное напряжение между искусственной нейтралью и землей. Это напряжение, характеризующее уровень перекоса фаз, создает в катушке постоянное магнитное поле, компенсирующее разницу в нагрузках на каждую из фаз.

Выводы:

Исходя из теоретической части данного вопроса, можно сделать вывод, что с целью устранения перекоса фазы и обеспечения стабильных фазных напряжений целесообразно симметрировать фазы между собой, используя специальные устройства – симметрирующие трансформаторы. Внедрение данной технологии в практику энергопотребления позволит обеспечить защиту электрооборудования от возгорания по причине перекоса фаз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / В. Э. Воротницкий [и др.]; под ред. В. Н. Казанцева. М.: Энергоатомиздат, 1983. 368 с.

2. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: руководство для практических расчетов. М.: ЭНАС, 2009. 456 с.

3. Косоухов Ф. Д., Васильев Н. В., Криштопа Н. Ю. Зависимость потерь мощности от несимметрии токов в силовых трансформаторах от их сопротивления нулевой последовательности // Известия СПбГАУ. 2014. № 35. С. 319–325.

4. Симметрирующее устройство для трехфазных сетей с нулевым проводом: патент на изобретение № 2490768. РФ / И. В. Наумов, Д. В. Иванов, С. В. Подъячих, Д. Гантулга. 2012.

5. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 февраля 2014 г. М.: КНОРУС, 2014. 488 с.

6. Минлибаев М. Р., Мурахтин М. А. Способы устранения перекоса фаз [Электронный ресурс] // Вестник научных конференций. 2015. № 4–2. С. 98–99. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25415308/>.

7. Устройство для управления трехфазной нагрузкой с защитой от перекоса фаз и сигнализацией: патент на изобретение №2291539. РФ / Е. А. Никольская. 2007.

8. Технические потери от перекоса фаз и меры по их снижению [Электронный ресурс] / З. А. Андреева [и др.] // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения 2014. № 7. С. 32–37. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21253365>.

9. Жаворонков М. А., Кузин А. В. Электротехника и электроника: учеб. пособие для студ. высш. учеб. Заведений. 3-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 400 с.

10. Семенова К. В. Основы электротехники и электроники: учебное пособие для самостоятельного изучения дисциплины (для слушателей, курсантов и студентов, обучающихся по специальностям 280104.65 «Пожарная безопасность», 280103 «Защита в чрезвычайных ситуациях» и по направлению подготовки 280700.62 «Техносферная безопасность»). Иваново: ООНИ ИвИ ГПС МЧС России, 2011. 97 с.

Kulagin Anatoly Vasilyevich

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: rim-sgpu@rambler.ru

Shipilov Roman Mikhailovich

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: rim-sgpu@rambler.ru

Legoshin Mikhail Yur'evich

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: rim-sgpu@rambler.ru

Vedyaskin Yuri Alekseevich

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: rim-sgpu@rambler.ru

Arhangelskiy Konstantin Nikolayevich

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: 2525245245@bk.ru

Phase failure as the cause of a fire

Abstract: in this article phenomenon as phase skew, its fire hazard and essence of the phenomenon are considered. Situations in which the occurrence of this phenomenon is possible. The main causes of the phase distortions, the types of loads that arise during the operation of electric receivers are disassembled. The negative consequences of the phase distortion during operation for single-phase electric receivers, for three-phase electric receivers, as well as for electricity sources, for consumers connected with safety are presented, due to the fact that damage to insulation can lead

to a shock and fire hazard. There are presented ways of eliminating phase, a technology that will allow to balance the phases among themselves, that is, to equalize the voltage not on each phase separately, but to balance the phases among themselves, that is symmetrize the entire three-phase system. This device is a balancing transformer, which has become an application and has great efficiency and reduces power consumption from the network for electric receivers.

Keywords: phase imbalance, load unevenness, transformer, electric receiver, consumer, symmetrical, winding power sources, zero conductor, network.

REFERENCES

1. Poteri jelektrojenergii v jelektricheskikh setjah jenergosistem / V. Je. Vorotnickij [i dr.]; pod red. V. N. Kazanceva. M.: Jenergoatomizdat, 1983. 368 s.
2. *Zhelezko Ju. S.* Poteri jelektrojenergii. Reaktivnaja moshhnost'. Kachestvo jelektrojenergii: rukovodstvo dlja prakticheskikh raschetov. M.: JeNAS, 2009. 456 s.
3. *Kosouhov F. D., Vasil'ev N. V., Krishtopa N. Ju.* Zavisimost' poter' moshhnosti ot nesimmetrii tokov v silovyh transformatorah ot ih soprotivlenija nulevoj posledovatel'nosti // *Izvestija SPbGAU*. 2014. № 35. S. 319–325.
4. Simmetrirujushhee ustrojstvo dlja trehfaznyh setej s nulevym provodom: patent na izobrenenie № 2490768. RF / I. V. Naumov, D. V. Ivanov, S. V. Pod#jachih, D. Gantulga. 2012.
5. Pravila ustrojstva jelektroustanovok. Vse dejstvujushhie razdely shestogo i sed'mogo izdaniï s izmenenijami i dopolnenijami po sostojaniju na 1 fevralja 2014 g. M.: KNORUS, 2014. 488 s.
6. *Minlibaev M. R., Murahtin M. A.* Sposoby ustraneniya perekosa faz [Jelektronnyj resurs] // *Vestnik nauchnyh konferencij*. 2015. № 4–2. S. 98–99. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25415308/>.
7. Ustrojstvo dlja upravlenija trehfaznoj nagruzkoj s zashhitoy ot perekosa faz i signalizaciej: patent na izobrenenie №2291539. RF / E. A. Nikol'skaja. 2007.
8. Tehnicheskie poteri ot perekosa faz i mery po ih snizheniju [Jelektronnyj resurs] / Z. A. Andreeva [i dr.] // *Sovremennaja nauka: aktual'nye problemy i puti ih reshenija* 2014. № 7. S. 32–37. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21253365>.
9. *Zhavoronkov M. A., Kuzin A. V.* Jelektrotehnika i jelektronika: ucheb. posobie dlja stud. vyssh. ucheb. Zavedenij. 3-e izd., ster. M.: Izdatel'skij centr «Akademija», 2010. 400 s.

10. *Semenova K. V.* Osnovy jelectrotehniki i jelektroniki: uchebnoe posobie dlja samostojatel'nogo izuchenija discipliny (dlja slushatelej, kursantov i studentov, obuchajushhihsja po special'nostjam 280104.65 «Pozharnaja bezopasnost'«, 280103 «Zashhita v chrezvychajnyh situacijah» i po napravleniju podgotovki 280700.62 «Tehnosfernaja bezopasnost'«). Ivanovo: OONI IvI GPS MChS Rossi, 2011. 97 s.

Рецензент: профессор, доктор технических наук, старший научный сотрудник А. Л. Никифоров (ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России)

УДК 614.843

Сараев Иван Витальевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново
Адъюнкт

E-mail: saraev-i-v@mail.ru

https://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=871340

Бубнов Андрей Германович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново
Профессор

Доктор химических наук

Доцент

E-mail: bubag@mail.ru

https://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=143820

Моисеев Юрий Николаевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново
Начальник кафедры

E-mail: fireman13@mail.ru

https://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=884389

**Методический подход к выбору пожарно-технического
оборудования для ликвидации ЧС на транспорте**

Аннотация. В статье представлены основные результаты применения показателя «относительная общая польза» применения разнообразного пожарно-технического оборудования, применяемого при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Показано, что разработанная авторами методика имеет универсальный характер в плане учета территориальных условий эксплуатации рассматриваемого оборудования и применима для обоснования его выбора.

Ключевые слова: относительная общая польза, вероятность отказа, надежность, выбор, гидравлический инструмент, пожарные рукава, средства индивидуальной защиты органов дыхания, ущерб.

Из данных служб статистики МЧС России известно, что в Российской Федерации за 2016 год произошло 298 чрезвычайных ситуаций (ЧС) различного масштаба [1], из которых 177 приходится на долю техногенных ЧС. В количественном соотношении техногенные ЧС представлены на рис. 1.



Рис. 1. Количественная характеристика техногенных ЧС, произошедших в 2016 году

Из рис. 1 следует, что основная масса техногенных ЧС приходится на автомобильный транспорт (51 %), авиационные катастрофы (22 %), взрывы в зданиях жилого и социально-бытового назначения (немногим более 6 %), а также аварии и крушения на железнодорожном транспорте (4 %).

С целью снижения количества и величины причиненного ущерба от ЧС, в том числе на транспорте, были приняты: Указ Президента РФ «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» [2], «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2030 года» [3], федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2013–2020 годах» [4] и «Стратегия разви-

тия системы МЧС России на период до 2030 года» [5], где одним из основных направлений развития аварийно-спасательных, поисково-спасательных формирований и Федеральной противопожарной службы МЧС России является обеспечение подразделений современной техникой и имуществом для выполнения задач по направлениям.

С целью успешного выполнения задач по ликвидации последствий ЧС, пожарно-спасательными подразделениями (далее – ПСП) МЧС России используется широкий перечень аварийно-спасательного оборудования. Основным же пожарно-техническим оборудованием (далее – ПТО) для ликвидации последствий ЧС на транспорте является гидравлический аварийно-спасательный инструмент (далее – ГАСИ), предназначенный для перемещения, стягивания, фиксации, пережимания и резки различных конструкций [6] (как наиболее сложное технически) и пожарные рукава, предназначенные для транспортировки огнетушащих веществ к месту пожара, и не только [7] (как наиболее важное и часто отказывающее на пожарах). К основному ПТО, стоящему на вооружении в ПСП МЧС России также можно отнести средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (далее – СИЗОД), предназначенные в свою очередь для работы спасателей в среде непригодной для дыхания [8] (т.е. наиболее важное для обеспечения индивидуальной защиты на пожарах).

В рамках реализации вышеуказанных документов нами была предложена методика обоснования выбора и совершенствования технического оснащения подразделений МЧС России для ликвидации последствий ЧС на транспорте, основывающаяся на концепции «польза – вред» («оправданность деятельности»). Целью разработки данной методики стала разработка и апробация методики выбора ПТО применительно к конкретному субъекту РФ, в котором расположено подразделение МЧС России на основе подходов, приведенных в [9].

Исходными данными для расчета надежности исследуемых объектов послужили параметры законов распределения характеристик надежности ПТО, полученные в процессе его эксплуатации. В свою очередь, источниками исходных данных послужили статистические данные, характеризующие параметры операций по ТО и ремонту, собранные в процессе эксплуатации.

Предлагаемая нами методика выбора ПТО для нужд ПСП МЧС России основана на использовании комплексного показателя «относительная общая польза» (W), рассчитываемого как отношение математического ожидания ущерба от внезапного прекращения работы (отказа) к сумме величины уровня

техногенного риска в стоимостном выражении и затрат на снижение (предотвращение) уровня техногенного риска эксплуатации ПТО, полнота применения которой отражена в [10] – [13].

Кроме того, за величину предотвращенного ущерба (V) на территории России можно использовать данные, получаемые крупными страховыми компаниями (например, РОСГОССТРАХ) по исследованиям стоимости страхования жизни в крупных и средних городах России [14].

Предлагаемый методический подход к расчету W основывается на использовании фактических эксплуатационных данных работы ПТО в конкретном регионе (гарнизоне), в том числе на его фактических показателях надежности. Зная эксплуатационные затраты на техническое обслуживание и его ремонт, а также показатели его работоспособности, можно без особого труда выбрать наиболее подходящее ПТО, производимое в России, с учетом специфики любого субъекта Российской Федерации.

Поэтому одной из первоочередных задач настоящего исследования стал сбор статистических данных работы рассматриваемого ПТО. С целью получения данных эксплуатации ПТО в Главные управления МЧС России субъектов РФ Приволжского федерального округа были разосланы письма с просьбой предоставления интересующих данных. Результатом запроса явился перечень информации, который послужил исходными данными для проведения сравнительных вычислений. Некоторые результаты проведенных вычислений на основе полученной информации приведены на рис. 2–4.

По итогам расчета «относительной общей пользы», приносимой гидравлическим аварийно-спасательным оборудованием (далее – ГАСИ) при ликвидации последствий ЧС на транспорте для ПСП МЧС России Приволжского федерального округа (далее – ПФО), можно заключить, что наиболее приспособленными к условиям эксплуатации в субъектах РФ ПФО являются комплекты ГАСИ «Простор» (рекомендован в 5 регионах из 13) и ГАСИ «Спрут» (является альтернативой в 10 регионах из 13). Полученные результаты можно объяснить широким распространением данных комплектов ГАСИ почти в каждом субъекте РФ ПФО.

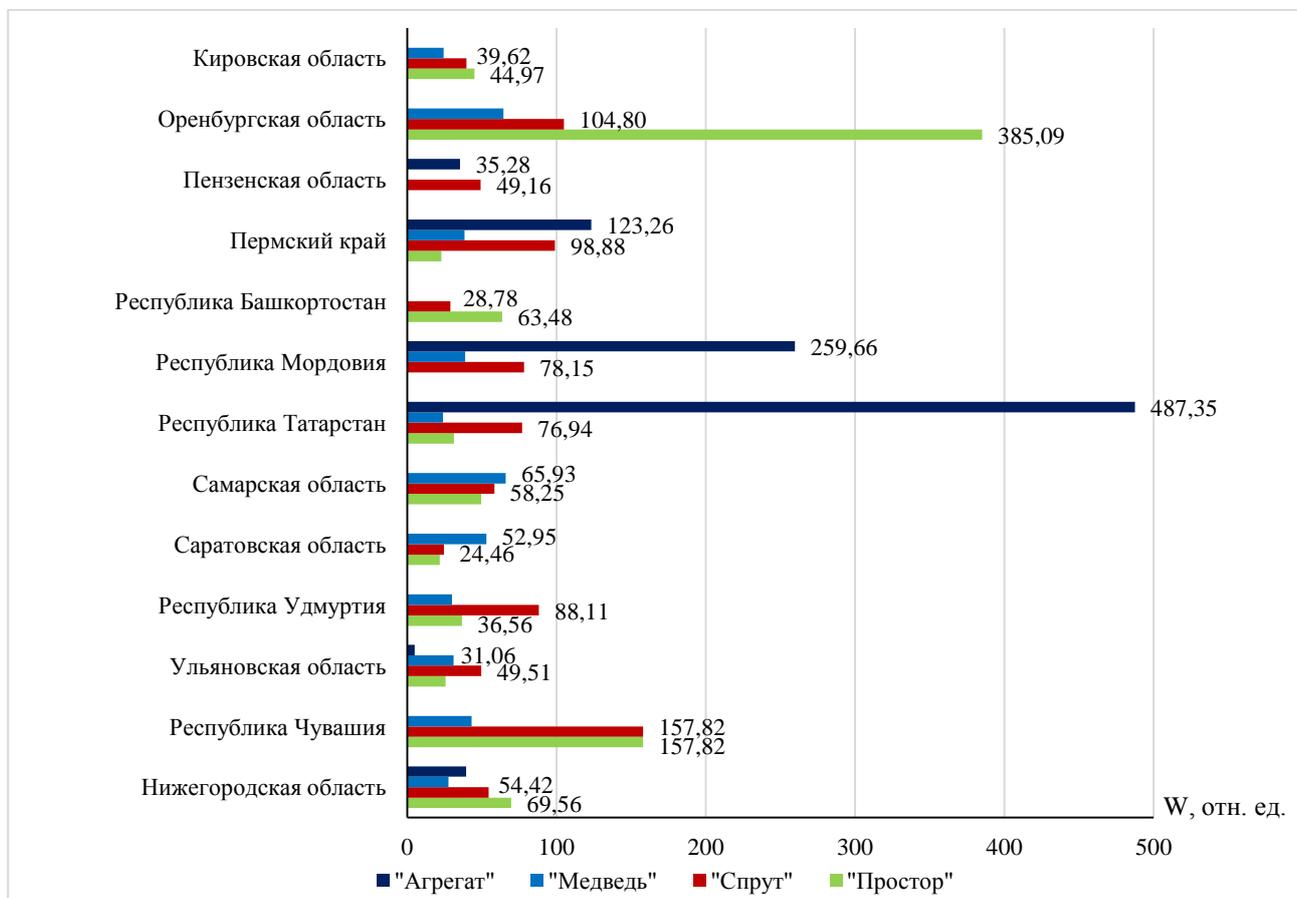


Рис. 2. «Относительная общая польза», применения ГАСИ при ликвидации последствий ЧС на транспорте и пожарах в субъектах РФ ПФО (в пересчете на год)

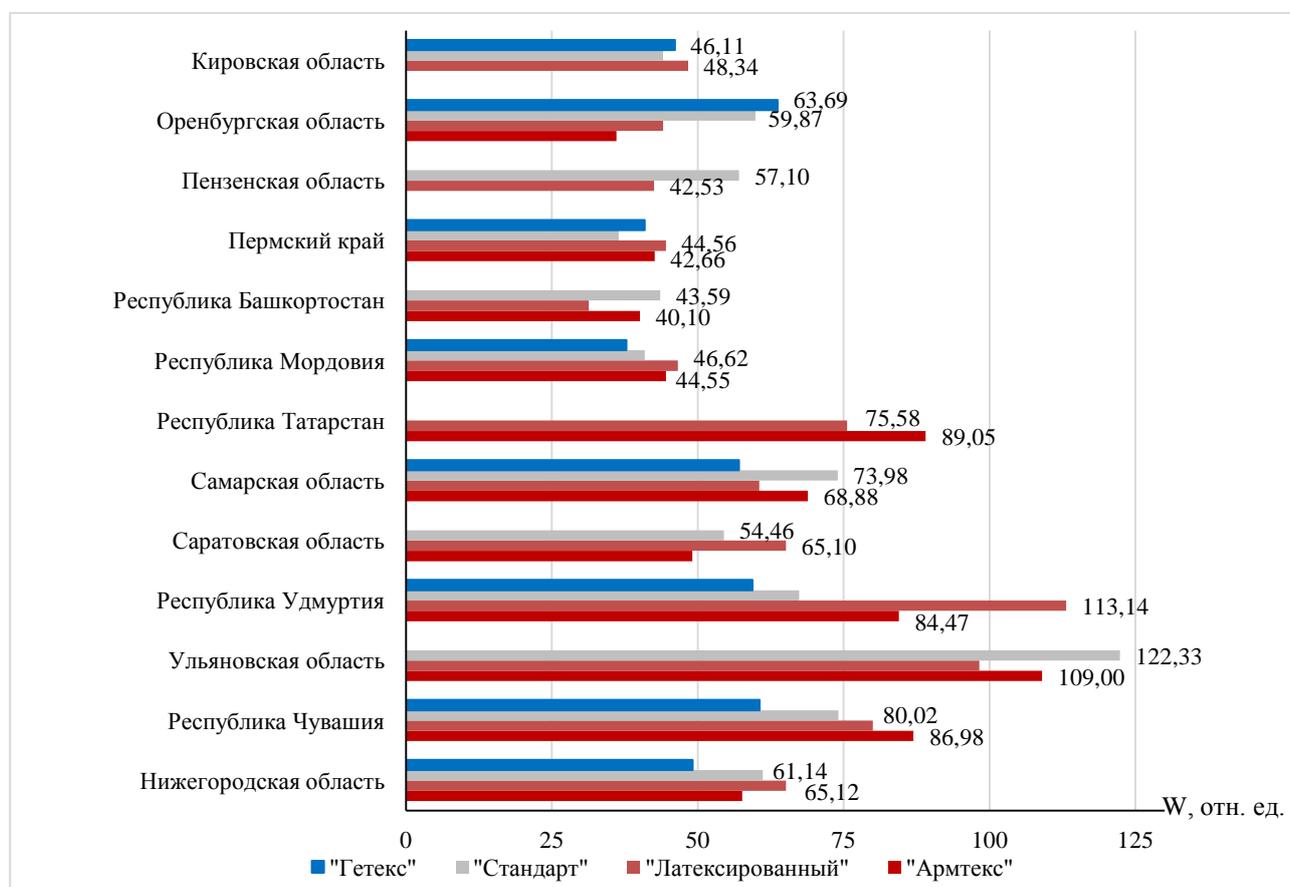


Рис. 3. Польза (W), приносимая пожарными рукавами в зависимости от субъекта РФ

Анализируя результаты расчета «относительной общей пользы», приносимой пожарными рукавами, используемыми ПСП МЧС России ПФО при ликвидации последствий ЧС на транспорте, можно заключить, что наиболее подходящими для эксплуатации в субъектах РФ ПФО являются пожарные рукава «Латексированный» (рекомендован в 6 регионах из 13). В качестве альтернативы могут быть предложены пожарные рукава «Армтекс» (являются альтернативой в 6 регионах из 13). Обстановку с рекомендациями и их альтернативами можно объяснить широким распространением данных комплектов пожарных рукавов в субъектах РФ ПФО, что подтверждается статистическими данными (доля пожарных рукавов «Латексированный» и «Армтекс» составляют по 31 % от общего количества пожарных рукавов в округе).

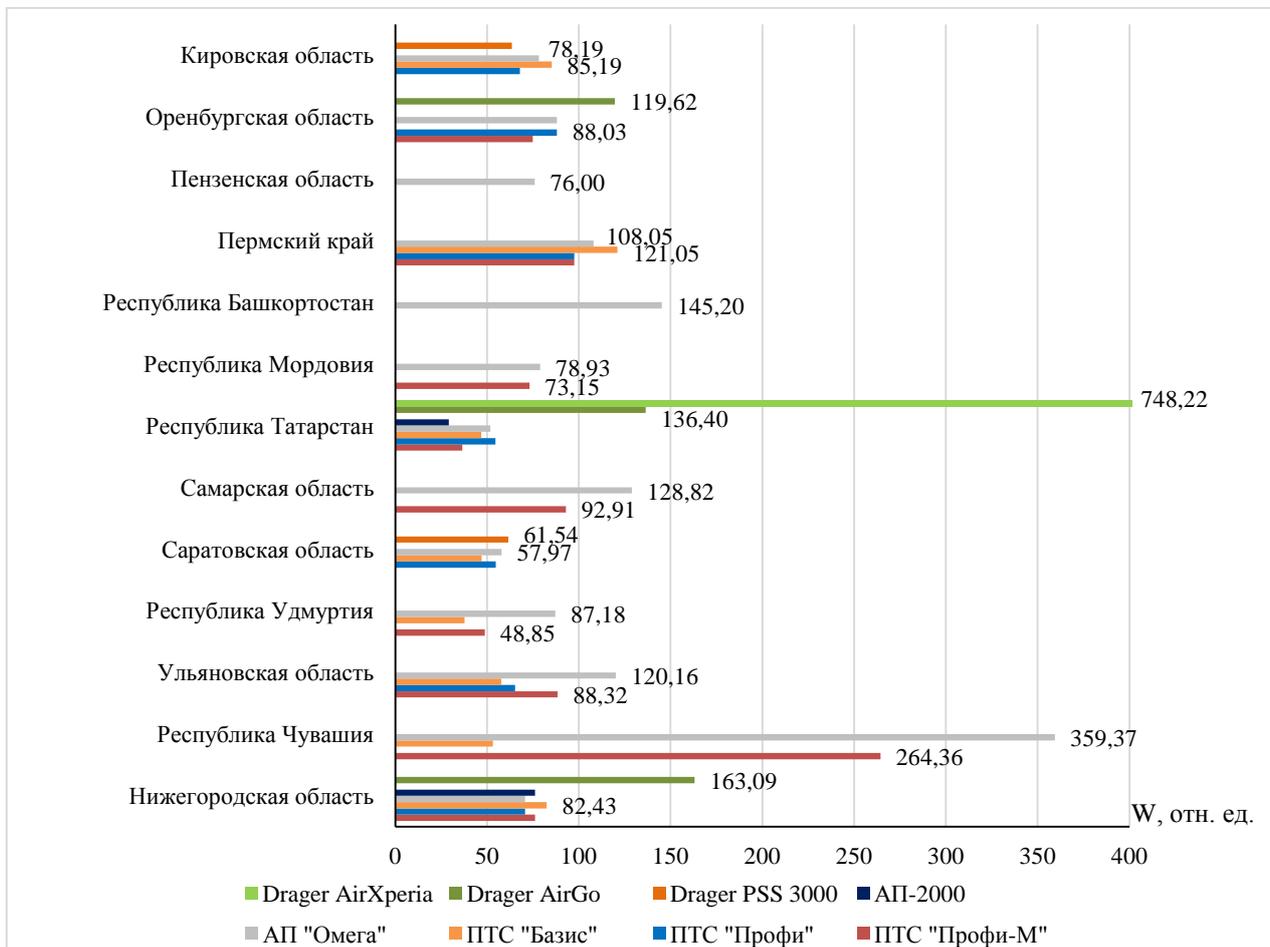


Рис. 4. СИЗОД и приносимая ими польза (W), для субъектов РФ

При анализе полученных результатов расчета комплексного показателя «относительной общей пользы», приносимой СИЗОД пожарных (спасателей), используемыми ПСП МЧС России ПФО при ликвидации последствий ЧС на транспорте, можно заключить, что наиболее подходящими для эксплуатации в субъектах РФ ПФО являются СИЗОД АП «Омега» (рекомендован в 7 регионах из 13). В качестве альтернативы могут быть предложены СИЗОД ПТС «Профи-М» (является альтернативой в 7 регионах из 13). Обстановку с рекомендациями и их альтернативами можно объяснить широким распространением данных комплектов СИЗОД в субъектах РФ ПФО, а также высокой степенью их надежности, что подтверждается статистическими данными (доля СИЗОД АП «Омега» 46 % и 21 % от общего количества СИЗОД в округе ПТС «Профи-М»).

Наряду с этим можно сделать вывод, что показатели «относительной общей пользы», приносимой СИЗОД АП «Омега», занимают лидирующие позиции независимо от субъекта Российской Федерации, что можно интерпретировать как наилучшую приспособленность данного СИЗОД к условиям эксплуатации и территориальным особенностям субъектов Российской Федерации.

Таким образом, подводя итог применения комплексного показателя «относительной общей пользы», для выбора предпочтительного СИЗОД и выдачи рекомендаций лицу, принимающему решение (далее – ЛПР), можно заключить, что данный метод показал свою состоятельность и по большей части продемонстрировал большие расхождения в рекомендациях и альтернативах, что по сравнению с методом анализа иерархий делает сам выбор более явным и обоснованным. Следует отметить, что предлагаемый методический подход к расчету W основывается на использовании фактических эксплуатационных данных работы СИЗОД пожарных в конкретном регионе (субъекте Российской Федерации) с учетом его специфики и особенностей. Кроме того, при использовании методики расчета W снижается вероятное субъективное влияние «человеческого фактора» ЛПР при определении предпочтительных СИЗОД для оснащения ПСП МЧС России, путем использования реальных показателей безотказности (работоспособности) СИЗОД.

В заключение следует указать, что при использовании методики расчета W снижается вероятное субъективное влияние человеческого фактора ЛПР при определении предпочтительного ПТО для оснащения ПСП. Также стоит отметить, что преимуществом данной методики является ее польза не только для ЛПР, занимающихся вопросами оснащения подразделений Государственной противопожарной службы, но и для ЛПР, организующих экипировку других видов пожарно-спасательных подразделений Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сравнительная характеристика чрезвычайных ситуаций, происшедших на территории Российской Федерации в 2016/2015 годах [Электронный ресурс] // МЧС России: [сайт]. 2017. URL: <http://www.mchs.gov.ru/folder/33160904> (дата обращения: 26.08.2017 г.).
2. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации: Указ Президента РФ от 31 декабря 2015 г. № 683.

3. Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2030 года: Указ Президента РФ от 20 декабря 2016 г. № 696.

4. Повышение безопасности дорожного движения в 2013-2020 годах: Федеральная целевая программа; : утв. постановлением Правительства Рос. Федерации от 03 октября 2013 г. № 864.

5. О долгосрочных перспективах развития системы МЧС России. [Электронный ресурс] // МЧС России: [сайт]. 2017. URL: <http://www.mchs.gov.ru/dop/info/smi/interview/item/4483440/> (дата обращения: 26.08.2017 г.).

6. ГОСТ Р 22.9.18-2014 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Инструмент аварийно-спасательный гидравлический. Общие технические требования. Национальный стандарт Российской Федерации. М.: Стандартинформ, 2014. 10 с.

7. Полозов А. А., Самохвалов Ю. П. Определение относительных частот использования пожарного оборудования на пожарах // Пожаровзрывобезопасность. 2006. № 4. С. 62–65.

8. Кисляков Р. А. Современное состояние СИЗОД пожарных // Каталог «Пожарная безопасность». 2012. С. 112–114.

9. Радиационная безопасность: рекомендации МКРЗ 1990 г. Публикация 60, ч. 2. МКРЗ: Пер с англ. М.: Энергоатомиздат, 1994. 208 с.

10. Относительная общая польза – дополнительный комплексный критерий выбора пожарных рукавов / И. В. Сараев [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2015. № 4. С. 66–71.

11. Обзор методик для выбора гидравлического аварийно-спасательного инструмента / И. В. Сараев [и др.] // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2017. № 2. С. 36–41.

12. Сараев И. В., Бубнов А. Г. Разработка методики выбора средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения пожарных на основе показателя относительной общей пользы // Технологии гражданской безопасности. 2017. № 1. С. 76–79.

13. Сараев И. В., Бубнов А. Г. Методическая поддержка управленческих решений по определению наиболее эффективного аварийно-спасательного оборудования // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2016. № 2. С. 84–87.

14. Применение критериев риска для выбора методов очистки воздуха от формальдегида // А. Г. Бубнов [и др.] // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов III Межвузовского научно-практического семинара. Иваново: ИВИ ГПС МЧС России, 2012. С. 61–66.

Saraev Ivan Vitalevitch

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: saraev-i-v@mail.ru

Bubnov Andrey Germanovitch

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: bubag@mail.ru

Moiseev Yurii Nikolaevich

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: fireman13@mail.ru

Methodical approach to the selection of fire-fighting equipment for elimination of emergency situations on transport

Abstract. In the article presented the main results of the application of the indicator «relative common good» of the use of various fire-technical equipment used at liquidation of consequences of emergency situations. Article is shown that the technique developed by the authors has a universal character in terms of taking into account territorial conditions of the considered equipment and is applicable for the justification of his choice.

Keywords: relative general utility, probability of failure, reliability, choice, hydraulic tool, fire hoses, personal respiratory protection means, damage.

REFERENCES

1. Sravnitel'naja harakteristika chrezvychajnyh situacij, proissjedshih na territorii Rossijskoj Federacii v 2016/2015 godah [Jelektronnyj resurs] // MChS Rossii: [sajt]. 2017. URL: <http://www.mchs.gov.ru/folder/33160904> (data obrashhenija: 26.08.2017 g.).
2. O Strategii nacional'noj bezopasnosti Rossijskoj Federacii: Ukaz Pre-zidenta RF ot 31 dekabrja 2015 g. № 683.

3. Ob utverzhdenii Osnov gosudarstvennoj politiki Rossijskoj Federacii v oblasti grazhdanskoj oborony na period do 2030 goda: Ukaz Prezidenta RF ot 20 de-kabrja 2016 g. № 696.

4. Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizhenija v 2013-2020 godah: Fede-ral'naja celevaja programma; : utv. postanovleniem Pravitel'stva Ros. Federacii ot 03 oktjabrja 2013 g. № 864.

5. O dolgosrochnyh perspektivah razvitija sistemy MChS Rossii. [Jelektronnyj resurs] // MChS Rossii: [sajt]. 2017. URL: <http://www.mchs.gov.ru/dop/info/smi/> inter-view/item/4483440/ (data obrashhenija: 26.08.2017 g.).

6. GOST R 22.9.18-2014 Bezopasnost' v chrezvychajnyh situacijah. Instrument avarijno-spasatel'nyj gidravlicheskiy. Obshhie tehicheskie trebovanija. Nacio-nal'nyj standart Rossijskoj Federacii. M.: Standartinform, 2014. 10 s.

7. *Polozov A. A., Samohvalov Ju. P.* Opredelenie odnositel'nyh chastot ispol'-zovanija pozharnogo oborudovanija na pozharah // *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2006. № 4. S. 62–65.

8. *Kisljakov R. A.* Sovremennoe sostojanie SIZOD pozharnyh // Katalog «Po-zharnaja bezopasnost'». 2012. S. 112–114.

9. Radiacionnaja bezopasnost': rekomendacii MKRZ 1990 g. Publikacija 60, ch. 2. MKRZ: Per s angl. M.: Jenergoatomizdat, 1994. 208 s.

10. Odnositel'naja obshhaja pol'za – dopolnitel'nyj kompleksnyj kriterij vybora pozharnyh rukavov / I. V. Saraev [i dr.] // *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2015. № 4. S. 66–71.

11. Obzor metodik dlja vybora gidravlicheskogo avarijno-spasatel'nogo inst-rumenta / I. V. Saraev [i dr.] // *Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashhenie, likvidacija*. 2017. № 2. S. 36–41.

12. *Saraev I. V., Bubnov A. G.* Razrabotka metodiki vybora sredstv individu-al'noj zashhity organov dyhanija i zrenija pozharnyh na osnove pokazatelja otноси-тел'noj obshhej pol'zy // *Tehnologii grazhdanskoj bezopasnosti*. 2017. № 1. S. 76–79.

13. *Saraev I. V., Bubnov A. G.* Metodicheskaja podderzhka upravlencheskiх reshe-nij po opredeleniju naibolee jeffektivnogo avarijno-spasatel'nogo oborudovanija // *Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii*. 2016. № 2. S. 84–87.

14. Primenenie kriteriev riska dlja vybora metodov ochistki vozduha ot formal'degida // A. G. Bubnov [i dr.] // *Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mehaniz-mov: sbornik materialov III Mezhvuzovskogo nauchno-prakticheskogo seminaru*. Ivano-vo: IvI GPS MChS Rossii, 2012. S. 61–66.

Рецензент: профессор, доктор химических наук, профессор А. М. Ефремов (ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)

УДК 614.842

Семенов Алексей Олегович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново

Доцент

Кандидат технических наук

Доцент

E-mail: ao-semenov@mail.ru

Смирнов Владимир Александрович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново

Заместитель начальника кафедры

Кандидат педагогических наук

Коричев Станислав Николаевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново

Магистрант

Совершенствование системы управления подразделениями пожарно-спасательных гарнизонов при тушении пожаров на открытой местности

Аннотация. На сегодняшний день ликвидация пожаров на открытой местности (крупных природных пожаров) – это система, в которой участвуют различные ведомства, вырабатывается и принимается множество решений на различных уровнях управления, для чего создаются соответствующие системы поддержки принятия решений, основанные, как правило, на использовании различных математических моделей и соответствующих информационных систем, в том числе с использованием космических данных.

В работе предложено создание системы управления тушением природного пожара как совокупности функциональных информационных подсистем. Основой методики является модель тушения крупного природного пожара, разработанная на основе аналитически-экспериментального метода, состоящего из 6 взаимосвязанных модулей: «Расчет геоинформационных параметров», «Расчет развития природного пожара», «Расчет наземных сил и средств», «Расчет

воздушных сил и средств», «Совмещенный график», «Расчет системы управления тушением крупного природного пожара».

Ключевые слова: система управления, природный пожар, методика тушения, имитационная модель.

Ежегодно количество природных чрезвычайных ситуаций в результате возникновения крупных природных пожаров остается в пределах 24% от всех чрезвычайных ситуаций природного характера и составляет большую часть всех пожаров на открытой местности. Долгосрочный прогноз циклических ЧС, обусловленных природными пожарами, позволяет утверждать, что риск возникновения таких пожаров растет. Согласно статистике сведений федерального агентства лесного хозяйства о лесопожарной обстановке на территории субъектов РФ по состоянию на 13.11.2016 г. произошло 11020 природных пожаров, общей площадью 2446683 гектара, а на 13.11.2017 г. произошло 11055 природных пожаров, общей площадью 4683583,2 гектара. Данные приведенной статистики свидетельствуют об актуальности вопроса ликвидации крупных природных пожаров (пожаров на открытой местности). Тушение таких пожаров требует привлечения значительных сил и средств пожарно-спасательных гарнизонов, координации взаимодействия, тщательного предварительного планирования действий и, следовательно, создания эффективной системы управления привлеченными подразделениями.

Совершенствование системы управления подразделениями невозможно без оценки эффективности системы управления тушением природного пожара в целом, в связи с чем необходим комплексный методический подход к расчету системы управления. Необходимость обработки большого количества информации, влияющей на процессы развития и тушения пожара, требует автоматизации данного процесса.

На сегодняшний день ликвидация природных пожаров – это система, в которой участвуют различные ведомства, вырабатывается и принимается множество решений на различных уровнях управления, для чего создаются соответствующие системы поддержки принятия решений, основанные, как правило, на использовании различных математических моделей и соответствующих информационных систем, в том числе с использованием космических данных.

В настоящее время для решения этих целей применяются:

– системы мониторинга состояния лесов: ИСДМ-Рослесхоз (Рослесхоз), Космоснимки (фирма СКАНЭКС), Космоплан (МЧС России), ГИС «Каскад» (УКМ НЦУКС МЧС России);

– системы поддержки принятия решений: программно-аппаратный комплекс «Аналитик» (МГТУ им. Н. Э. Баумана), Автоматизированная геоинформационная система поддержки принятия решений и оперативного управления (ВНИИПО МЧС России).

Вышеуказанные системы, в основном, предназначены для мониторинга и прогнозирования развития природных пожаров, в то же время расчеты прогнозирования динамики пожаров основываются на упрощенных математических (экспериментальных) моделях, не учитывающих территориальные особенности. Автоматический расчет необходимых сил и средств тушения в большинстве программ отсутствует, а при его наличии применяется упрощенный расчет на основании экспериментальных данных.

Таким образом, в области организации тушения крупных природных пожаров (пожаров на открытой местности) существует актуальная проблема разработки эффективных методов поддержки управления тушением пожара.

Резюмируя вышесказанное, можно сделать вывод, что существует необходимость разработки методики совершенствования системы управления пожарно-спасательными подразделениями при тушении крупного природного пожара, результатом применения которой является возможность реалистичного расчета необходимых сил и средств тушения природного пожара, на основе совокупности логически взаимосвязанных функциональных информационных подсистем (модулей), в комплексе дающих полное описание процессов развития природного пожара и его тушения. Данные модули должны быть основаны на рациональном использовании физически обоснованных данных, но при этом обладать достаточным быстродействием при их реализации на вычислительных системах, с использованием соответствующей информационной базы, в перспективе включающей данные космического мониторинга.

Создание системы управления тушением природного пожара как совокупности функциональных информационных подсистем позволит исследовать различные составляющие процесса в зависимости от цели поставленной задачи. Иными словами, реализация методики является многоцелевой, что и требуется для решения вопросов на разных уровнях: оперативном, тактическом, стратеги-

ческом. В основе реализации данной методики заложен один из последних результатов теории управления распределенных систем – технология многомодульных систем. Основой методики является модель тушения крупного природного пожара, разработанная на основе аналитически экспериментального метода, состоящего из 6 модулей. Модули выполняют следующие функции.

1. Модуль «Расчет геоинформационных параметров».

Модуль представляет собой математическую модель расчета времени следования подразделения на природный пожар применительно к определенной территории. Он позволяет на основании базы данных географических координат дислокации подразделений, существующих на определенной территории (например, муниципальное образование), произвести автоматический расчет времени прибытия подразделения в любую точку территории, где возник природный пожар. Данный модуль учитывает характеристику транспортной сети, возможности подразделения, вероятность удаленности пожара в лесном массиве от подъездных путей.

Автоматизация данного процесса позволяет проводить:

- эксперимент по тестированию прибытия подразделений по всей площади выбранной территории в целях выявления наиболее удаленных участков;
- одновременный расчет времени прибытия всех задействованных подразделений в одну точку, т.е. место возникновения пожара, и оценить возможность выполнения требований по временным параметрам прибытия подразделений на пожар.

Данный модуль взаимодействует с модулем «Расчет развития природного пожара» и на основании получаемых параметров расчета позволяет оценить угрозу распространения пожара на населенный пункт.

2. Модуль «Расчет развития природного пожара».

Модуль расчета развития природного пожара представляет собой математическую модель развития природного пожара, основанную на работах:

- М.А. Сафронова, по расчету скорости распространения природного пожара;
- Ф. Альбини, по разработке эллиптических индикатрис развития периметра пожара в зависимости от ветра;
- Г.А. Доррера, по расчету периметрической скорости распространения пожара на основе применения эллиптических фигуротрис.

Модуль позволяет на основании характеристик атмосферы, территории и лесного массива произвести расчет:

- изменения периметра пожара;
- скорости распространения фронта пожара;
- скорости увеличения площади пожара;

а также графически отобразить эллиптическую форму, которую примет пожар на любой момент заданного времени.

Математическое описание природного пожара с учетом различных параметров, присущих различным территориям, дает возможность автоматизации этого процесса. Модуль, реализованный на средствах автоматизации, позволяет проводить эксперименты по определению пожарной опасности участков территорий в целях оптимизации сил лесоохраны и организации профилактических мероприятий. Данный модуль взаимодействует с модулем «Совмещенный график» и дает возможность спрогнозировать развитие пожара для организации успешных действий по его тушению.

3. Модуль «Расчет наземных сил и средств».

Модуль представляет собой математическую модель расчета производительности подразделений, работающих на территории по тушению природного пожара. Производительность всех средств тушения рассчитывается с учетом условий как атмосферной, так и территориальной характеристики места пожара, что позволяет достичь большей точности результатов.

Модуль позволяет рассчитать необходимое количество участников тушения для успешных действий по локализации периметра пожара, с учетом удаленности источников воды, используемых в целях пожаротушения. Данный модуль взаимодействует с модулем «Совмещенный график».

4. Модуль «Расчет воздушных сил и средств».

Модуль представляет собой математическую модель расчета производительности пожарной авиации, участвующей в тушении природного пожара. Производительность средств авиационного тушения рассчитывается с учетом условий водообеспеченности территории, технических характеристик средств тушения и удаленности места постоянной дислокации.

Модуль позволяет рассчитать результативность применения авиации по тушению конкретного пожара и определить целесообразность ее применения в этом случае. Автоматизация данного модуля позволяет проводить эксперимент по результативности применения авиации на определенной территории, в целях

выработки предложений по ее эффективному применению. Данный модуль взаимодействует с модулем «Совмещенный график».

5. Модуль «Совмещенный график».

Модуль представляет собой математическую модель прогноза времени достижения локализации природного пожара, на основании разработанных модулей:

- расчета геоинформационных параметров;
- расчета развития природного пожара;
- расчета наземных сил и средств;
- расчета воздушных сил и средств.

Модуль позволяет оценить достаточность сил и средств, непосредственно выполняющих работу по тушению кромки природного пожара на основании результата прогноза. Автоматизация модуля позволяет визуализировать полученный результат. Данный модуль является ключевым в методике оценки системы тушения природных пожаров. Он позволяет оценить эффективность сил и средств, строить прогноз, графически отображать обработанную информацию.

6. Модуль «Расчет системы управления тушением крупного природного пожара».

Модуль представляет собой модель реализации алгоритма создания линейно-функциональной организационной структуры управления силами и средствами тушения крупного природного пожара. Данный модуль на основании опытно-статистического подхода и реализации оптимальной нормы управляемости определяет состав сил и средств системы управления, обеспечивающей выполнение эффективных действий по тушению крупного природного пожара. Данный модуль является эталонным и применяется как для оценки существующей системы управления, так и в целях перспективной разработки системы управления на территории.

Предлагаемая методика совершенствования системы управления подразделениями пожарно-спасательных гарнизонов позволяет разрабатывать: автоматизированные системы поддержки принятия решений по тушению природных пожаров, документацию предварительного планирования тушения пожара; рекомендации должностным лицам, участвующим в тушении природных пожаров. Также предложенная методика позволит выполнять тестирование существующих систем управления тушением природных пожаров субъектов РФ, что дает возможность проверить достаточность сил и средств субъекта РФ без за-

трат материально-технических ресурсов на проведение натуральных экспериментов. Методика учитывает параметры влияния среды на развитие действий на основании установленных в настоящее время общепринятых параметров, что позволяет применять методику руководителям с различной ведомственной специализацией.

Предложенные в модулях алгоритмы и математические модели позволяют реализовать рассмотренную методику в программном виде. Дальнейшее развитие этого направления позволит создать автоматизированную систему поддержки принятия решений при тушении природных пожаров. На основании методики возможно реализовать имитационную модель, направленную на совершенствование системы управления подразделениями пожарно-спасательных гарнизонов при тушении крупных природных пожаров (пожаров на открытой местности).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Доррер Г. А.* Динамика лесных пожаров. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. 404 с.
2. *Воробьев Ю. Л., Акимов В. А., Соколов Ю. И.* Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы / под общей редакцией Ю. Л. Воробьева. М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004. 312 с.
4. Математическая модель для выбора вариантов решений по расстановке пожарных подразделений при ликвидации лесных пожаров / А. О. Семенов [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2011. № 3 (37). С. 6.
5. *Сербин С. М., Колупаев Г. А.* Методические указания к изучению темы «Чрезвычайные ситуации, связанные с пожарами и взрывами». М.: Изд-во Рос. экон., 2012.
8. Противопожарная защита и тушение пожаров: учебное пособие / В. В. Терещнев [и др.]. Книга 5: Леса, торфяники, лесосклады. М.: Пожнаука, 2007. 358 с.
9. Принятие решений при управлении силами и средствами на пожаре / В. В. Терещнев В.В. [и др.]. // Иваново: ООНИ ИВИ ГПС МЧС России, 2011. 150 с.
10. *Терещнев В. В., Семенов А. О., Тараканов Д. В.* Эволюция структуры управления силами и средствами на пожаре // Пожаровзрывобезопасность. 2008. Т. 17. № 4. С. 10–16.

11. *Коричев С. Н., Семенов А. О., Смирнов В. А.* Исследование особенностей тушения лесного пожара с использованием имитационного моделирования // Новая наука как результат инновационного развития общества: сборник статей Международной научно-практической конференции: в 17 частях. Уфа, 2017. С. 153–155.

12. Анализ технологий мониторинга природных пожаров в России: обзор / А. О. Семенов [и др.] // Научный форум: Инновационная наука: сборник статей по материалам VI международной научно-практической конференции. М., 2017. С. 34–38.

13. *Семенов А. О., Коричев С. Н.* Особенности использования автоматизированных систем поддержки принятия управленческих решений при тушении лесного пожара // Июльские научные чтения: сборник научных трудов по материалам III и II Международных научно-практических конференций. Смоленск, 2017. С. 97–99.

Semenov Alexey Olegovich

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: ao-semenov@mail.ru

Smirnov Vladimir Aleksandrovich

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo

Korychev Stanislav Nikolayevich

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo

Improving the system of management units of fire and rescue of the garrison in extinguishing fires in open areas

Abstract. To date, the elimination of fires in open areas (large wildfires) is a system involving various agencies, produced and lots of decisions at various levels of management which are appropriate systems of support of making decisions based usually on the use of various mathematical models and relevant information systems, including with use of space data.

The proposed creation of a control system by suppression of natural fire, as a combination of functional information subsystems. The method is based on the model extinguish large wildfires developed on the base of analytical-experimental method consisting of 6 interrelated modules: «the Calculation of geo-information settings», «calculation of the development of natural fire», «the Calculation of ground forces and equipment; Calculation of air forces», «Combined graph», «Calculate control systems extinguish large natural fires».

Keywords. Control system, natural fire, methods of extinguishing, the simulation model.

REFERENCES

1. *Dorrer G. A.* Dinamika lesnyh pozharov. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2008. 404 s.
2. *Vorob'jov Ju. L., Akimov V. A., Sokolov Ju. I.* Lesnye pozhary na territorii Rossii: Sostojanie i problemy / pod obshhej redakciej Ju. L. Vorob'jova. M.: DJeKS-PRESS, 2004. 312 s.
4. Matematicheskaja model' dlja vybora variantov reshenij po rasstanovke pozharnyh podrazdelenij pri likvidacii lesnyh pozharov / A. O. Semenov [i dr.] // Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti. 2011. № 3 (37). S. 6.
5. *Serbin S. M., Kolupaev G. A.* Metodicheskie ukazanija k izucheniju temy «Chrezvychajnye situacii, svjazannye s pozharemi i vzryvami». M.: Izd-vo Ros. jekon., 2012.
8. Protivopozharnaja zashhita i tushenie pozharov: uchebnoe posobie / V. V. Terebnev [i dr.]. Kniga 5: Lesa, torfjaniki, lesosklady. M.: Pozhnauka, 2007. 358 s.
9. Prinjatje reshenij pri upravlenii silami i sredstvami na pozhare / V. V. Terebnev V.V. [i dr.]. // Ivanovo: OONI IvI GPS MChS Rossii, 2011. 150 s.
10. *Terebnev V. V., Semenov A. O., Tarakanov D. V.* Jevoljucija struktury upravlenija silami i sredstvami na pozhare // Pozharovzryvobezopasnost'. 2008. T. 17. № 4. S. 10–16.
11. *Korichev S. N., Semenov A. O., Smirnov V. A.* Issledovanie osobennostej tushenija lesnogo pozhara s ispol'zovaniem imitacionnogo modelirovanija // Novaja nauka kak rezul'tat innovacionnogo razvitija obshhestva: sbornik statej Mezhduna-rodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii: v 17 chastjah. Ufa, 2017. S. 153–155.
12. Analiz tehnologij monitoringa prirodnyh pozharov v Rossii: obzor / A. O. Semenov [i dr.] // Nauchnyj forum: Innovacionnaja nauka: sbornik statej po materialam VI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. M., 2017. S. 34–38.
13. *Semenov A. O., Korichev S. N.* Osobennosti ispol'zovanija avtomatizirovan-nyh sistem podderzhki prinjatija upravlencheskih reshenij pri tushenii lesnogo po-zhara // Ijul'skie nauchnye chtenija: sbornik nauchnyh trudov po materialam III i II Mezhdunarodnyh nauchno-prakticheskij konferencij. Smolensk, 2017. S. 97–99.

Рецензент: профессор, доктор химических наук, доцент А. Г. Бубнов (ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)

**ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ И ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ:
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

УДК 519.6:677.014

Арбузова Анна Андреевна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново

Доцент

Кандидат технических наук

E-mail: polimertex@bk.ru

Егорова Надежда Евгеньевна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново

Доцент

Кандидат физико-математических наук

Доцент

E-mail: ne_egorova@mail.ru

http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=177231

**Численно-аналитический расчет режимов обработки
композитных материалов**

Аннотация. В статье рассматривается проблема разработки современных полимерно-волоконистых материалов прокладочного назначения для парадной и повседневной форменной одежды сотрудников ГПС МЧС России. Констатируется, что применение новых подходов к выбору режимов обработки композитных материалов становится все более актуальным. Рассмотрено применение численно-аналитических методов для выбора оптимальных режимов обработки композитных материалов. Проведено сравнение прочностных характеристик прокладочного материала и полученного на его основе композитного материала. Установлено, что разрывная нагрузка композитных материалов увеличилась на 30–150%, чем у исходных прокладочных материалов. Также проведена оценка прочности склеивания исследуемых образцов и выявлено, что усилие расслаивания, необходимое для разрушения клеевого соединения, образованного основным и композитным материалами, увеличивается по сравнению с пакетом, содержащим исходный клеевой прокладочный материал. Проведенные ис-

следования позволили определить рациональные технологические параметры и режимы обработки пакета полочки форменной одежды сотрудников ГПС МЧС России с использованием композитных материалов.

Ключевые слова: композитный материал, режим, форменная одежда, пакет, прочностные характеристики.

Разработка современных полимерно-волоконистых материалов прокладочного назначения для парадной и повседневной форменной одежды сотрудников ГПС МЧС России требует новых подходов к выбору режимов обработки композитных материалов. Наиболее целесообразным представляется использование численно-аналитических методов расчета.

Согласно результатам спектроскопических исследований [1], подтвердившим наличие взаимодействия в системе «прокладочный материал – полимерная композиция», можно предположить, что дополнительная химическая обработка окажет влияние на свойства как прокладочного материала, так и пакета, изготовленного с его использованием [2–7]. Наибольший интерес представляют прочностные характеристики композитного материала, прочность склеивания костюмной ткани и клеевого композитного материала и устойчивость приданной объемной формы [8].

Установлено, что обработка прокладочного материала полиакрилатной дисперсией оказывает влияние на его прочностные характеристики как в продольном, так и поперечном направлении, независимо от типа основы (табл. 1).

Разрывная нагрузка композитных материалов больше на 30–150%, чем у исходных прокладочных материалов. Наибольшее повышение прочности, на 130% вдоль и 150% поперек полотна, наблюдается у композитного материала на основе КПМ2 (КМ1), отличающегося незначительной исходной прочностью и малой толщиной. Данное изменение обусловлено тем, что полимерная композиция при нанесении на поверхность прокладочного материала проникает в его структуру и скрепляет волокна материала.

Таблица 1. Сравнение прочностных характеристик прокладочного материала и полученного на его основе композитного материала

Объект исследования, условное обозначение	Направление приложения нагрузки	Разрывная нагрузка, даН		ΔP_n , %	Разрывное удлинение, %		$\Delta P_{уд}$, %
		исходный материал	композитный материал		исходный материал	композитный материал	
Нетканый прокладочный материал с точечным полиамидным клеевым покрытием, КПМ2	Вдоль полотна	4	9,2	130	32	40	25
	Поперек полотна	1,6	4,1	156	51	65	27
Трикотажный прокладочный материал с точечным полиамидным клеевым покрытием, КПМ7	Вдоль полотна	6,2	8,1	31	38	51	34
	Поперек полотна	3	4,1	37	29	40	38
Нетканый прокладочный материал, НПМ1	Вдоль полотна	6,7	10,5	57	50	57	14
	Поперек полотна	4,3	6,1	42	39	49,5	27

У композитного материала на основе нетканого прокладочного материала без клеевого покрытия (КМ3) наблюдается менее значительное увеличение прочности (на 60% вдоль и 40% поперек полотна), чем у КМ1. Это объясняется тем, что прочность и толщина НПМ1 изначально превышали аналогичные показатели КПМ2 на 65% и 300% соответственно. Величина разрывной нагрузки у композитного материала на трикотажной основе с точечным полиамидным клеевым покрытием (КМ2) увеличивается по сравнению с исходным материа-

лом на 30% вдоль и 35% поперек полотна. Незначительный рост показателя обусловлен высокой прочностью исходного материала. Величина разрывного удлинения композитного материала возрастает на 15–40% (табл. 1).

Проведена оценка прочности склеивания исследуемых пакетов согласно ГОСТ 28832-90 [9]. Определено, что усилие расслаивания, необходимое для разрушения клеевого соединения, образованного основным и композитным материалами, увеличивается по сравнению с пакетом, содержащим исходный клеевой прокладочный материал (табл. 2).

Таблица 2. Прочностные характеристики пакетов, содержащих прокладочный материал и композитный материал на его основе

Исследуемый пакет		Усилие расслаивания пакета, даН/см, содержащего		ΔP, %	
		исходный КПМ	КМ на основе КПМ		
Основной материал	прокладочный материал на нетканой основе с клеевым покрытием (КПМ2)	арт. 41570	3,7	5,5	45
		арт. 94981	4,5	7,4	62
		арт. 15315	4,1	6,8	65
Основной материал	прокладочный материал на трикотажной основе с клеевым покрытием (КПМ7)	арт. 41570	5	5,8	15
		арт. 94981	5,4	7,2	32
		арт. 15315	5,2	7,1	35

Адгезионная прочность клеевого соединения композитного материала и костюмной ткани больше на 45–65% и 15–35%, чем у исходных клеевых прокладочных материалов на нетканой и трикотажной основах.

Исследован механизм разрушения клеевого соединения костюмных тканей и композитных прокладочных материалов при различной площади нанесения полиакрилатной дисперсии (площади армирования).

Установлено, что для соединения «костюмная ткань – композитный материал» на нетканой основе, при площади армирования до 45% характерно разрушение основы композитного материала с выдергиванием волокон из структуры прокладочного материала и приклеиванием их к изнаночной стороне основного материала (рис. 1а).

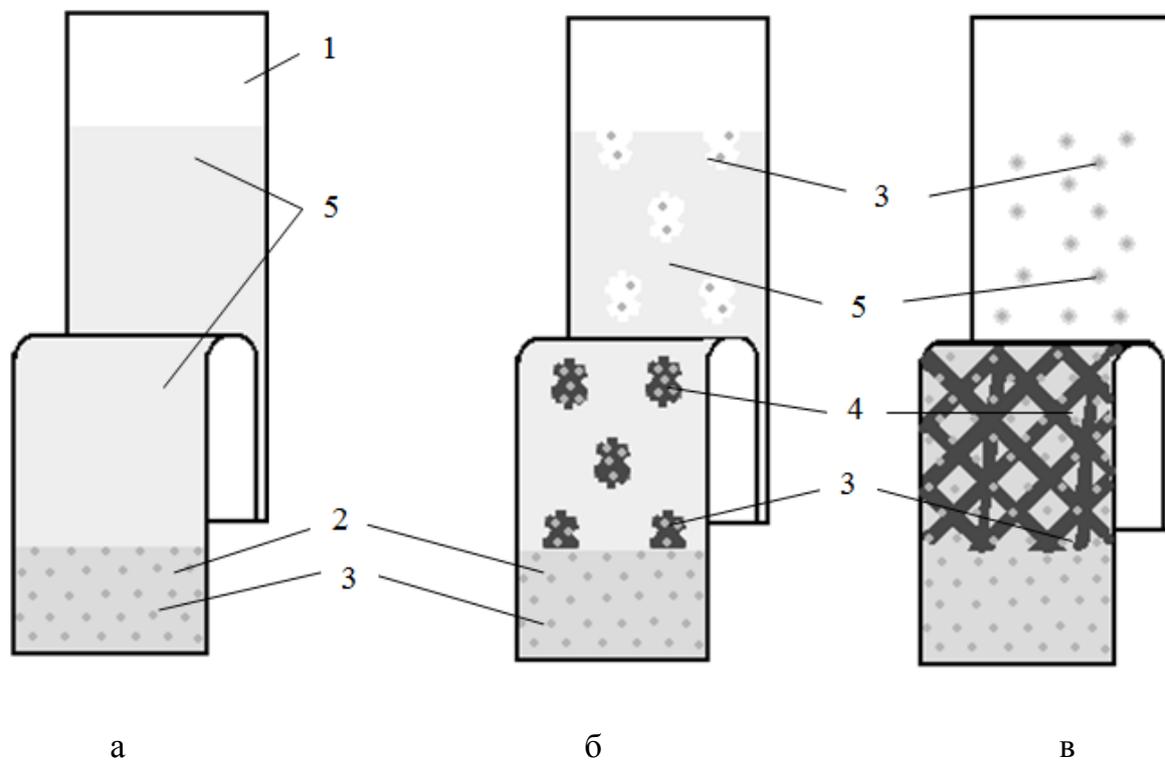


Рис. 1. Характер разрушения клеевых соединений пакетов с КМ1 при варьировании площади покрытия поверхности материала: а – 0%; б – 45%; в – 60% (1 – костюмная ткань, 2 – клеевой прокладочный материал, 3 – клеевое покрытие, 4 – полиакрилатная дисперсия, 5 – разрушенная основа клеевого прокладочного материала)

При увеличении площади покрытия материала полимером до 55% наблюдается смешанный характер разрушения: на участке, обработанном композицией, происходит разрушение клеевого шва, а на свободном – выдергивание волокон и разрушение основы прокладочного материала (рис. 1б). При этом, чем больше покрыта поверхность основы полиакрилатной дисперсией, тем меньшее количество волокон вырывается из структуры прокладочного материала и остается на изнаночной стороне основного материала (рис. 1в).

При дальнейшем увеличении площади нанесения происходит значительное повышение связанности структуры основы композитного материала, сопровождающееся разрушением при расслаивании клеевого шва при сохранении основы.

Для соединения «костюмная ткань – КМ2» характерно разрушение клеевого шва, независимо от площади покрытия поверхности, поскольку прочность основы данного материала изначально значительно выше, чем прокладочного материала на нетканой основе (рис. 2).

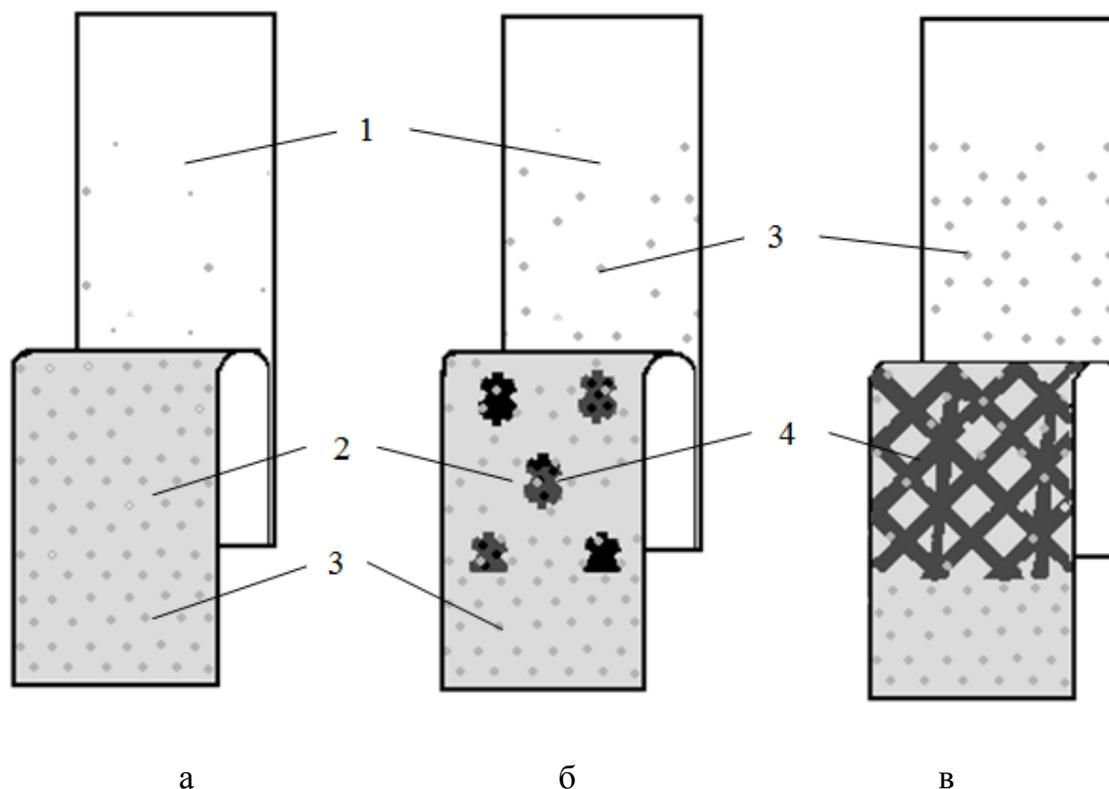


Рис. 2. Характер разрушения клеевых соединений пакетов с КМ2 при варьировании площади покрытия поверхности материала: а – 0%; б – 45%; в – 60% (1 – костюмная ткань, 2 – клеевой прокладочный материал, 3 – клеевое покрытие, 4 – полиакрилатная дисперсия)

Однако при разрушении клеевого соединения, не имеющего в своем составе полимерного вещества, на изнаночной стороне основного материала наблюдается незначительное количество точек клея, нанесенных на основу прокладочного материала (рис. 2а). При увеличении площади покрытия наблюдается перераспределение расположения клеевого покрытия прокладочного материала, когда нанесенные точки клея отрываются от основы и остаются приклеенными к изнаночной стороне основного материала (рис. 2б, в).

Анализ результатов исследований позволил сделать выводы, что увеличение площади покрытия поверхности композитного материала полимерной композицией упрочняет его структуру, изменяет характер разрушения клеевого соединения с когезионного на адгезионный и позволяет получать изделия с высокими качественными показателями.

Исследована устойчивость приданной объемной формы пакетов, изготовленных с использованием КМ1, КМ2 и КМ3. Устойчивость приданной объемной формы оценивалась по методике [9] с использованием образцов сферической формы $R=10\text{см}$, сформованных на лабораторном прессе при следующих режимах: $T_{\text{верх.под.}} = 120^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{нижн.под.}} = 125^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{пресс}} = 30\text{ сек}$, $P_{\text{пресс}} = 0,15\text{ кг/см}^2$, $W = 30\%$. В качестве показателя оценки применялся коэффициент устойчивости формы ($K_{\text{уст.ф}}$, %), рассчитываемый по формуле (1):

$$K_{\text{уст.ф}} = \frac{H_i L_0}{H_0 L_i} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где: H_0 и L_0 – стрела прогиба и ширина контура формуемой поверхности, см; H_i и L_i – стрела прогиба и ширина контура объемного образца через 24 ч после формования, см.

Измерение стрелы прогиба и ширины контура объемных образцов проводились через 24 ч после формования бесконтактным фотограмметрическим способом, с последующим определением значений параметров в графическом редакторе CorelDraw13. Оценка формы объемных образцов проводилась сразу после формования.

Установлено, что коэффициент устойчивости формы образца пакета после формования при использовании клеевого прокладочного материала на нетканой и трикотажной основе (КПМ2 и КПМ7) составляет 50–70% и 60–70% соответственно. При использовании пакетов с композитными материалами, изготовленными на основе аналогичных клеевых прокладочных материалов, коэффициент устойчивости формы увеличивается до 75–85% и 85–90%. Для пакетов с нетканым прокладочным материалом без клеевого покрытия $K_{\text{уст.ф}}$ составляет 75–85%, а после обработки полимером 85–95%.

Анализ результатов исследований позволил сделать вывод, что применение композитных материалов в структуре пакета позволяет обеспечить лучшую устойчивость приданной объемной формы на 5–25%, чем аналогичные по составу пакеты без обработки химическим препаратом [10].

Таким образом, благодаря проникновению химической композиции в структуру прокладочного материала, дополнительному скреплению волокон основы между собой, а также за счет взаимодействия с клеем, расположенным на поверхности основы, полимер, нанесенный на прокладочный материал, выполняет армирующую функцию. Выполняя функции армирующего в структуре полимерного композита, молекулы полиакрилатного препарата тем самым обеспечивают изменение прочностных свойств прокладочного материала и клеевого соединения готового пакета, а также устойчивость приданной объемной формы. Кроме того, существенное увеличение прочности склеивания основного и прокладочного материалов позволяет изменить режимы операции дублирования в направлении снижения температуры нагрева подушек пресса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арбузова А. А.* Повышение формоустойчивости полочки мужского пиджака с применением композиционных материалов: дис...канд. техн. наук. Иваново: Иван. гос. текстил. акад. (ИГТА), 2010.

2. *Егорова Н. Е., Шувье Е. С.* Оптимизация расчёта температурного поля тела простейшей формы методом конечных разностей // Актуальные вопросы естествознания: сб. материалов II Межвузовской научно-практической конференции (12 апреля 2017). Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. С. 196–199.

3. *Мухин А. А., Егоров С. А., Егорова Н. Е.* Исследование износостойкости материалов и покрытий // Молодые ученые – развитию текстильно-промышленного кластера (ПОИСК-2016): В 2-х ч. Ч. 2: Сборник материалов межвуз. науч.-техн. конф. аспирантов и студентов с международным участием. Иваново: Иванов. гос. политех. универс., 2016. С. 458–459.

4. *Арбузова А. А.* Технология получения армированных прокладочных материалов для форменной одежды // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, посвященной Году пожарной охраны, Иваново, 24–25 ноября 2016 г. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. С. 359–361.

5. *Арбузова А. А.* Новая технология получения полимерно-армированных композиционных материалов // Новые решения в области упрочняющих технологий: взгляд молодых специалистов: сборник научных статей материалы Международной научно-практической конференции (22–23 декабря 2016 года); редкол.: Романенко Д.Н. (отв. ред.); Юго-Зап. гос. ун-т. В 2-х томах, Том 1. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2016. С. 140–143.

6. *Соколов А. К., Егорова Н. Е., Арбузова А. А.* Методы определения теплофизических свойств материалов по измеренным в экспериментах температурным полям // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сб. материалов Международной научно-практической конференции, посвященной году гражданской обороны (20–21 сентября 2017). Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. С. 142–148.

7. ГОСТ 28832-90. Материалы прокладочные с термоклеевым покрытием. Метод определения прочности склеивания. Введ. 1992-07-01. М.: Госстандарт Союза СССР: Изд-во стандартов, 1991. 7 с.

8. Development of reinforced interlining materials to regulate elastic properties / *A. A. Arbuzova [i dr.]* // *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. Vol. 42(2). June 2017. Pp.150–159.

9. *Комарова А. А., Веселов В. В.* Использование современных химических препаратов для формоустойчивой обработки швейных изделий // Изв. вузов. Техн. текст. пр-ти. 2009. № 1. С. 89–91.

10. *Арбузова А. А.* Прогнозирование свойств армирующего полимерно-волокнистого композиционного материала для получения формоустойчивого швейного изделия методами компьютерного моделирования // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2015): сборник материалов 18 международного научно-практического форума. Иваново: ИВГПУ, 2015. С. 113–117.

Arbuzova Anna Andreevna

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: polimertex@bk.ru

Egorova Nadezhda Evgenievna

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: ne_egorova@mail.ru

The numerical-analytical calculation of modes of processing of composite materials

Abstract. The article deals with the problem of the development of modern polymer-fibrous material cushioning the destination for dress and casual uniforms of employees of the state fire service of the ministry of the russian federation for civil defense, emergencies and elimination of consequences of natural disasters. It is stated that the application of new approaches to the selection of modes of processing of composite materials is becoming increasingly important. The paper describes the application of numerical-analytical methods for selection of optimum modes of processing of composite materials. A comparison of the strength characteristics of the cushioning material and received on the basis of the composite material. It is established that the breaking load of the composite materials increased by 30-150% more than the original packing materials. Also the estimation of strength of bonding of the samples and revealed that the delamination force required to fracture the adhesive bond formed by the main and composite materials increased in comparison with the package containing the source of adhesive material. The conducted research allowed to define rational technological parameters and modes of processing shelves of staff uniforms GPS MSCH of Russia with the use of composite materials.

Keywords: composite material, mode, uniform, package, strength characteristics.

REFERENCES

1. *Arbuzova A. A.* Povyschenie formoustojchivosti polochki muzhskogo pidzhaka s primeneniem kompozicionnyh materialov: dis....kand. tehn. nauk. Ivanovo: Ivan. gos. tekstil. akad. (IGTA), 2010.

2. *Egorova N. E., Shuv'e E. S.* Optimizacija raschjota temperaturnogo polja tela prostejshej formy metodom konechnyh raznostej // Aktual'nye voprosy estestvozna-nija: sb. materialov II Mezhvuzovskoj nauchno-prakticheskoj konferencii (12 aprelja 2017). Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaja pozharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii, 2017. S. 196–199.

3. *Muhin A. A., Egorov S. A., Egorova N. E.* Issledovanie iznosostojkosti materialov i pokrytij // Molodye uchenye – razvitiyu tekstil'no-promyshlennogo klastera (POISK-2016): V 2-h ch. Ch. 2: Sbornik materialov mezhvuz. nauch.-tehn. konf. aspirantov i studentov s mezhdunarodnym uchastiem. Ivanovo: Ivanov. gos. politeh. univers., 2016. S. 458–459.

4. *Arbuzova A. A.* Tehnologija poluchenija armirovannyh prokladochnyh materialov dlja formennoj odezhdy // Pozharnaja i avarijnaja bezopasnost': sbornik materialov XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj Godu pozharnoj ohrany, Ivanovo, 24–25 nojabrja 2016 g. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaja pozharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii, 2016. S. 359–361.

5. *Arbuzova A. A.* Novaja tehnologija poluchenija polimerno-armirovannyh kompozicionnyh materialov // Novye reshenija v oblasti uprochnjajushhih tehnologij: vzgljad molodyh specialistov: sbornik nauchnyh statej materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (22–23 dekabrja 2016 goda); redkol.: Romanenko D.N. (otv. red.); Jugo-Zap. gos. un-t. V 2-h tomah, Tom 1. Kursk: ZAO «Universitetskaja kniga», 2016. S. 140–143.

6. *Sokolov A. K., Egorova N. E., Arbuzova A. A.* Metody opredelenija teplofizicheskikh svojstv materialov po izmerennym v jeksperimentah temperaturnym poljam // Sovremennye požarobezopasnye materialy i tehnologii: sb. materialov Mezhdu-narodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii, posvjashhennoj godu grazhdanskoj oborony (20–21 sentjabrja 2017). Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaja pozharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii, 2017. S. 142–148.

7. GOST 28832-90. Materialy prokladochnye s termokleevym pokrytiem. Metod opredelenija prochnosti skleivanija. Vved. 1992-07-01. M.: Gosstandart Sojuza SSSR: Izdvo standartov, 1991. 7 s.

8. Development of reinforced interlining materials to regulate elastic properties / A. A. Arbuzova [i dr.] // Indian Journal of Fibre & Textile Research. Vol. 42(2). June 2017. Pp.150–159.

9. *Komarova A. A., Veselov V. V.* Ispol'zovanie sovremennyh himicheskikh preparatov dlja formoustojchivoj obrabotki shvejnyh izdelij // *Izv. vuzov. Tehn. tekst. pr-ti.* 2009. № 1. S. 89–91.

10. *Arbuzova A. A.* Prognozirovanie svojstv armirujushhego polimerno-voлокнистого композиционного материала dlja polucheniya formoustojchivogo shvej-nogo izdelija metodami komp'yuternogo modelirovaniya // *Fizika voloknistyh materialov: struktura, svojstva, naukoemkie tehnologii i materialy (SMARTEX-2015): sbornik materialov 18 mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma.* Ivanovo: IVGPU, 2015. S. 113–117.

*Рецензент: директор по инновационному развитию, доктор технических наук
Н. Л. Корнилова (ООО «ПолимерТекс»)*

УДК 537.525

Ефремов Александр Михайлович

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет», Россия, Иваново

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново

Профессор

Доктор химических наук

Профессор

E-mail: amefrermov@yandex.ru

http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=3280

Беляев Сергей Валерьевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново

Заведующий кафедрой

Кандидат химических наук

E-mail: Sergej_Belyaev@mail.ru

Снегирев Дмитрий Геннадьевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново

Доцент

Кандидат технических наук

Доцент

E-mail: Sergej_Belyaev@mail.ru

Титова Елена Станиславовна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново

Кандидат химических наук

Старший преподаватель

E-mail: elenatitova2222@gmail.com

**Об эффективности разложения галогенводородов
в низкотемпературной плазме**

Аннотация. Проведено сравнительное исследование кинетики диссоциации галогенводородов HX ($X = F, Cl, Br$) в условиях низкотемпературной неравновесной плазмы. Установлены зависимости концентраций исходных веществ и продуктов плазмохимических реакций от концентрации электронов в диапазоне условий, характерном для тлеющего разряда пониженного давления.

Показано, что величина степени диссоциации убывает в ряду HBr-HCl-HF. Выявлены особенности кинетики диссоциации, обуславливающие данный эффект.

Ключевые слова: галогенводороды, конверсия, плазма, константа скорости, скорость реакции, концентрация, степень диссоциации.

1. ВВЕДЕНИЕ

Современная химическая промышленность широко использует галогенпроизводные различных углеводородов, которые являются как конечными, так и промежуточными продуктами органических синтезов [1]. В частности, фторорганические соединения широко применяются для получения фторопластов (например – тефлонов), термостойких каучуков и антикоррозионных покрытий. Кроме этого, на основе фтор-органики изготавливают термостойкие и неокисляющиеся смазочные масла, пламягасящие вещества и хладагенты. Хлорорганические соединения образуются и используются в промышленных процессах получения широкого круга полимеров и пластических масс (полихлорвинил, полихлоропрен), устойчивых к действию агрессивных сред, а также синтетических моющих средств и пестицидов. И, наконец, бромсодержащие органические соединения находят применение в качестве фреонов, лекарственных средств, пестицидов.

Основным методом синтеза всех галогенсодержащих углеводородов является реакция прямого галогенирования, протекающая по схеме: $R-H + X_2 \rightarrow R-X + HX$, где $X = F, Cl$ или Br [1, 2]. В качестве побочных продуктов в таких реакциях образуются газообразные галогенводороды HF, HCl или HBr, которые обладают высокой токсикологической опасностью [3]. Проблема заключается в том, что востребованность галогенводородов HX ($X = F, Cl, Br$) в качестве исходных реагентов существенно ниже объемов их производства. Возможности традиционных методов переработки галогенводородов (абсорбция и/или нейтрализация жидкой фазой, электролиз растворов или натриевых солей, каталитическое окисление) ограничены низкой востребованностью конечного продукта, высокой энергоемкостью и сложностью технологического цикла. Поэтому актуальной задачей является разработка новых эффективных методов утилизации (перевода в нетоксичные соединения) или конверсии (перевода в высоко востребованные соединения) галогенводородов.

В последнее время большое внимание специалистов в области химии и химической технологии уделяется плазменным методам переработки веществ [4]. Особенности плазмохимических процессов являются нетермическая (т.е. неравновесная) активация и многоканальность превращений исходного вещества, позволяющие достигать высоких степеней конверсии при минимальных энергозатратах. В то же время общая сложность (многостадийность, многоканальность) физико-химических явлений в неравновесной низкотемпературной плазме предопределяет низкую эффективность эмпирической разработки и оптимизации любой плазмохимической технологии. Решение этих задач требует детального теоретического исследования кинетики и механизмов плазмохимических реакций с целью установления взаимосвязей между параметрами электронной компонентой плазмы (средней энергией и концентрацией электронов) и стационарными концентрациями продуктов плазмохимических реакций.

В наших предшествующих работах [5–7] было показано, что необходимым условием прямой (без привлечения дополнительных реагентов) плазмохимической конверсии HCl является достижение как можно больших степеней его диссоциации в зоне плазмы. Целью данной работы являлось сравнительное исследование кинетики и эффективности диссоциации HF, HCl и HBr в условиях низкотемпературной неравновесной плазмы.

2. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для определения взаимосвязей между входными параметрами процесса и составом плазмы использовалась глобальная (0-мерная) модель, основанная на совместном решении квазистационарных уравнений химической кинетики для нейтральных частиц. Набор химических процессов, включенных в модель (таблица) был сформирован по результатам наших предшествующих исследований [6–8].

Таблица. Кинетические характеристики плазмохимических процессов с участием нейтральных частиц

		X = F		X = Cl		X = Br	
		ϵ_{th} , эВ	k , см ³ /с	ϵ_{th} , эВ	k , см ³ /с	ϵ_{th} , эВ	k , см ³ /с
R1	$HX + e \rightarrow H + X + e$	5.9	3.2×10^{-10}	5.5	1.2×10^{-9}	4.3	1.6×10^{-9}
R2	$X_2 + e \rightarrow X + X + e$	4.3	1.8×10^{-9}	3.0	1.1×10^{-8}	2.4	1.2×10^{-8}
R3	$H_2 + e \rightarrow H + H + e$	8.8	8.1×10^{-10}	8.8	8.1×10^{-10}	8.8	8.1×10^{-10}
R4	$HX + X \rightarrow X_2 + H$	1.3×10^{-64}		1.9×10^{-33}		2.5×10^{-34}	
R5	$HX + H \rightarrow H_2 + X$	3.4×10^{-30}		1.7×10^{-13}		9.2×10^{-12}	
R6	$H_2 + X \rightarrow HX + H$	4.0×10^{-11}		7.4×10^{-14}		1.7×10^{-20}	
R7	$X_2 + H \rightarrow HX + X$	3.0×10^{-12}		3.3×10^{-11}		5.3×10^{-11}	
R8	$H \rightarrow H(s) + X \rightarrow HX$ $+ H \rightarrow H_2$	8.0×10^{-5}		8.0×10^{-5}		8.0×10^{-5}	
R9	$X \rightarrow X(s) + H \rightarrow HX$ $+ X \rightarrow X_2$	1.6×10^{-4}		5.0×10^{-4}		6.0×10^{-3}	

Примечания: 1) Константы скоростей реакций R1–R3 приведены для $T_e = 3$ эВ; 2) Константы скоростей реакций R4–R7 приведены для $T_{gas} = 400$ К; 3) Для реакций R8 и R9 указаны вероятности рекомбинации γ на стекле/кварце

В этих работах было показано, что при использовании предложенных кинетических схем имеет место удовлетворительное согласие расчетных параметров плазмы HCl, HBr и CHF₃ (где основным компонентом является HF) с результатами экспериментальных измерений. Поэтому вопросы адекватности кинетических схем в рамках данной работы не рассматривались. В качестве входных параметров модели выступали:

1) Начальная концентрация частиц в реакторе $N_0 = 10^{16}$ см⁻³. При температуре газа $T_{gas} = 400$ К это соответствует давлению газа $p \sim 100$ Па.

2) Средняя энергия (температура) электронов $T_e = 3$ эВ. Данная величина является характерной для стационарных газовых разрядов при $p \sim 10$ –300 Па [9, 10].

3) Концентрация электронов $N_e = 10^9 - 10^{11} \text{ см}^{-3}$, которая использовалась в качестве свободного параметра модели. Из данных работ [10, 11] можно заключить, что величина N_e однозначно отражает изменение уровня электрической мощности, вкладываемой в плазму. Диапазон варьирования N_e выбирался в соответствии с реальными значениями, наблюдаемыми в стационарных газовых разрядах при пониженных давлениях [10, 11].

Расчеты велись для условий реактора идеального смешения цилиндрической геометрии, удовлетворяющей условию $r \ll l$, где r – радиус реактора, а l – длина зоны плазмы. Для удобства сопоставления результатов данной работы с результатами предшествующих исследований [6–8] принимали $r = 1.5 \text{ см}$. Константы скоростей реакций под действием электронного удара (R1-R3) определялись по известным сечениям диссоциации [12–14] в предположении о максвелловской функции распределения электронов по энергиям. Константы скоростей атомно-молекулярных реакций (R4-R7) брали из открытой базы данных NIST [15] для $T_{gas} = 400 \text{ К}$. Константы скорости гетерогенной рекомбинации атомов (R8, R9) оценивались по соотношению $k \approx \gamma v_T / 2r$, где γ – вероятность рекомбинации [16], а $v_T = \sqrt{8RT_{gas} / \pi M}$ – средняя скорость теплового движения частиц. Вероятности параллельных механизмов внутри R8 и R9 принимались равными.

Степени диссоциации HF, HCl и HBr определялась как $\alpha = (N_0 - n_{HX}) / N_0$, где n_{HX} – стационарная концентрация молекул галогенводородов в зоне плазмы.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Расчеты показали, что основным продуктом диссоциации молекул HF в плазме являются атомы фтора и водорода, концентрации которых очень близки (рис. 1).

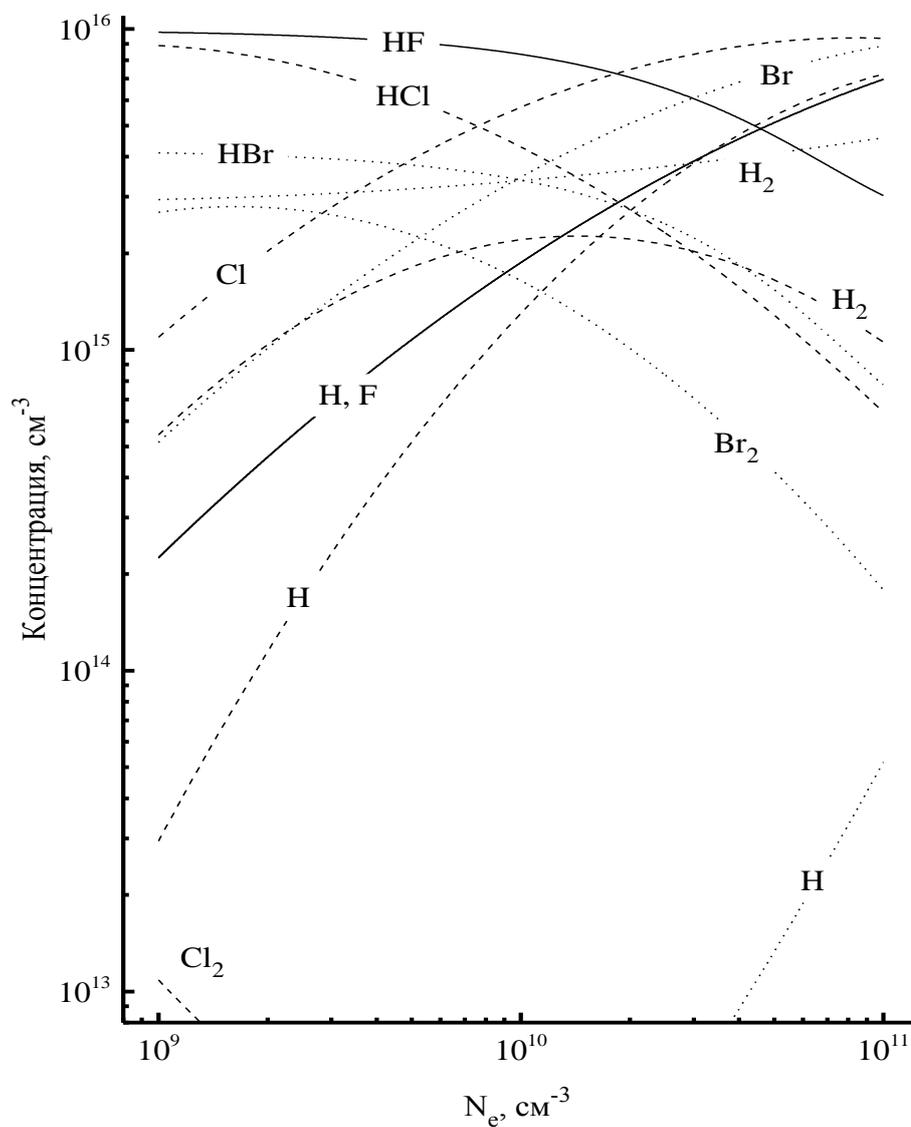


Рис. 1. Стационарные концентрации нейтральных частиц в плазме HF (сплошные линии), HCl (пунктир) и HBr (точки) при $N_0 = 10^{16} \text{ см}^{-3}$

Из анализа кинетики плазмохимических процессов в данной системе следует, что такая ситуация обеспечивается сочетанием нескольких факторов. Во-первых, низкие константы скоростей R4 и R5 предопределяют пренебрежимо низкие скорости этих процессов, которые не оказывают заметного влияния на кинетику гибели и образования атомов обоих сортов. Фактически, это отражается в выполнении условия $R_4 + R_5 \ll R_1$. Кроме этого, скорости R6 и R7 лимитируются низкими скоростями образования H₂ и F₂ по R4 и R5, что обеспечивает $R_6 \ll R_3$ и $R_7 \ll R_2$. Таким образом, группа объемных атомно-молекулярных процессов R4-R7 не вносит заметного вклада в кинетику нейтральных частиц в плазме HF. Во-вторых, соотношение $\gamma_H < \gamma_F$ не означает автоматически, что $k_8 < k_9$. В реальности, константы скоростей R8 и R9 очень близки из-за более высокой скорости теплового движения (меньшей массы) атомов водорода. Поэтому стационарные концентрации атомов H и F в плазме определяются общим источником в лице R1, а также практически одинаковыми частотами гибели в R8 и R9. Необходимо отметить также, что в диапазоне $N_e < 5 \times 10^{10} \text{ см}^{-3}$ доминирующими нейтральными частицами плазмы являются молекулы HF. Низкие скорости (а, следовательно, и степени) диссоциации этих частиц в плазме обусловлены низкими значениями константы скорости R1 из-за высокой пороговой энергии и низкого сечения процесса.

Основным продуктом диссоциации молекул HCl являются атомы хлора, концентрация которых в диапазоне $N_e > 10^{10} \text{ см}^{-3}$ превышает концентрацию исходных молекул. В отличие от плазмы HF, в данном случае кинетика и концентрации нейтральных частиц в значительной степени определяются объемными атомно-молекулярными процессами R5-R7. Роль R4 здесь крайне незначительна по причине низкой константы скорости данного процесса. Выполнение условия $R_5 + R_7 > R_6$ приводит к тому, что эффективная скорость образования атомов хлора $R_1 + R_5 + R_7 - R_6$ практически в 2 раза выше R₁. В то же время, эффективная скорость образования атомов водорода $R_1 + R_6 - R_5 - R_7$ существенно ниже R₁, что приводит к $n_{Cl} \gg n_H$. Немонотонное (с максимумом) поведение концентрации H₂ с ростом N_e является результатом конкуренции процессов образования этих частиц по реакциям R5, R8 и гибели в R6, R3. Низкая концентрация молекул Cl₂ обусловлена их гибелью по R7, скорость которой превышает скорость R2. Отметим также, что высокие скорости восстановления молекул HCl по реакциям R6 и R7 снижают степень диссоциации хлористого

водорода относительно значения, ожидаемого только из скорости диссоциации электронным ударом.

Основными продуктами диссоциации молекул HBr являются атомы брома, а также молекулы Br₂ и H₂. Из данных рис. 1 можно видеть, что доминирование суммарной концентрации продуктов над концентрацией исходных частиц имеет место уже при $N_e > 5 \times 10^9 \text{ см}^{-3}$. Расчеты показали, что стационарные концентрации нейтральных частиц в плазме HBr формируются при заметном вкладе атомно-молекулярных процессов R5 и R7. Низкие константы скоростей R4 и R6 обеспечивают выполнение условия $R_5 + R_7 \gg R_4 + R_6$. Поэтому эффективная скорость образования атомов брома $R_1 + 2R_2 + R_5 + R_7$ более чем в 1,5 раза превышает скорость диссоциации HBr при электронном ударе по R1. Напротив, эффективная скорость объемной генерации атомов водорода $R_1 + 2R_3 - R_5 - R_7$ более чем на порядок величины ниже R_1 , что приводит к $n_{Br} \gg n_H$. Отметим, что суммарная скорость гибели атомов водорода в объемных процессах $R_5 + R_7$ более чем на три порядка величины превышает скорость гетерогенной рекомбинации R_8 . Кроме этого, высокие скорости образования H₂ по R5 объясняют выполнение условия $n_{H_2} \gg n_H$. Высокая концентрация молекул Br₂ и $n_{Br_2} > n_{Br}$ связаны с высокой скоростью генерации Br₂ по реакции R9.

На рис. 2 представлено сравнение степеней диссоциации молекул галогенводородов при одинаковом давлении газа и параметрах электронной компоненты плазмы.

Можно видеть, что величина α_{HF} демонстрирует минимальные абсолютные значения, но наибольшую степень зависимости от N_e (в ~ 30 раз при $N_e = 10^9 - 10^{11} \text{ см}^{-3}$) и, следовательно, от уровня вкладываемой мощности. Напротив, величина α_{HBr} отличается максимальными абсолютными значениями, но самой слабой зависимостью от N_e (в ~ 1.5 раза при $N_e = 10^9 - 10^{11} \text{ см}^{-3}$). Очевидно, что полученные результаты обусловлены как с различиями констант скоростей R1 (т.е. процесса инициирования распада исходных молекул), так и особенностями кинетики атомно-молекулярных реакций. В частности, при $N_e = 10^9 \text{ см}^{-3}$ выполнение условия $\alpha_{HBr}/\alpha_{HCl} \sim 5.3$ не может быть обеспечено только за счет аналогичного соотношения k_1 , которое фактически составляет ~ 1.3 .

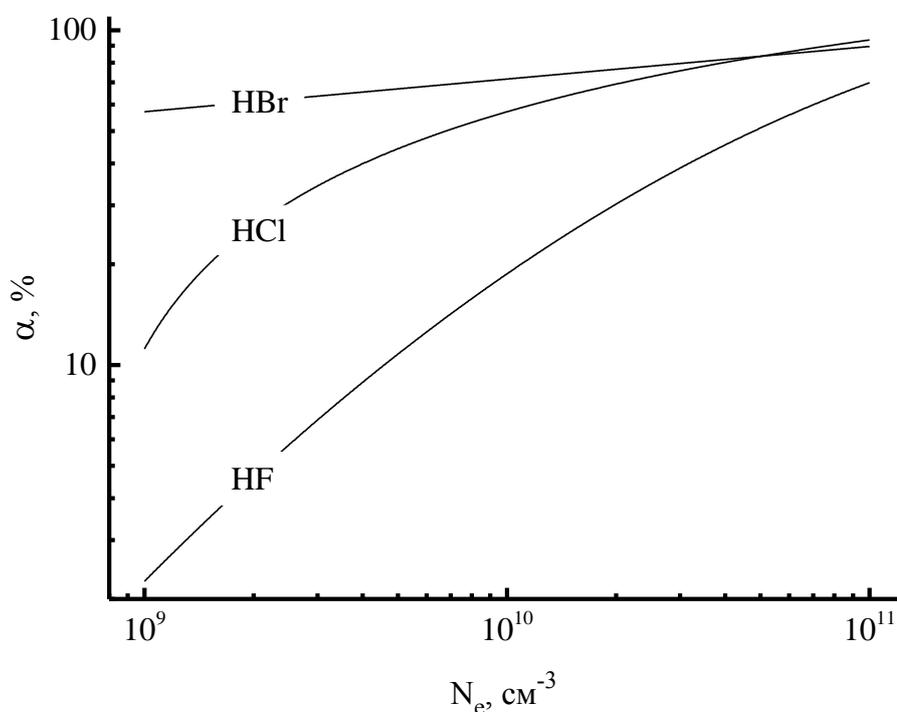


Рис. 2. Степени диссоциации молекул HF, HCl и HBr в низкотемпературной плазме при $N_0 = 10^{16} \text{ см}^{-3}$

Таким образом, основной причиной различия степеней диссоциации в данных системах является эффективный распад HBr по R5, а также восстановление HCl по R6 и R7. Сближение величин α_{HBr} и α_{HCl} у верхней границы исследованного диапазона N_e связано, главным образом, с замедлением скорости роста α_{HBr} . Это связано с тем, что резкое увеличение концентрации атомов водорода (в ~ 850 раз при $N_e = 10^9\text{--}10^{11} \text{ см}^{-3}$) приводит к аналогичному изменению скорости R7, которая является источником молекул HBr. В заключении необходимо отметить, что наибольшие перспективы при реализации метода плазмохимической конверсии имеет HBr. Очевидно, что для данного объекта возможно достижение максимальных степеней разложения при минимальных энергозатратах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лебедев Н. Н.* Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. 3-е изд., перераб. М.: Химия, 1981. 234 с.
2. *Бюлер К., Пирсон Д.* Органические синтезы. Т. 1. М.: Мир, 1973. 620 с.
3. Экология / под ред. Л. И. Цветковой М.: Изд-во АСВ; СПб.: Химиздат 1999. 488 с.
4. Низкотемпературная плазма, Т.4. Плазмохимическая технология / под ред. В. Д. Пархоменко, Ю. Д. Третьякова. Новосибирск: Наука. Сиб. Отделение, 1991. 392 с.
5. *Ефремов А. М., Беляев С. В., Титова Е. С.* Плазмохимическая конверсия опасных газов // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов X Международной научно-практической конференции, Иваново, 26–27 ноября 2015 г. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2015. С. 420–426.
6. Оптимизация режимов плазменной конверсии хлористого водорода: подходы и решения / А. М. Ефремов [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: материалы XI международной научно-практической конференции, Иваново, 24–25 ноября 2016 г. Иваново. ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. С. 398–402.
7. *Efremov A. V., Titova E. S.* On the Possibility of Plasma Chemical Conversion of Hydrogen Chloride // Russian Journal of General Chemistry. 2016. V. 86. № 2. P. 478–483.
8. Кинетика окислительной деструкции хлористого водорода // А. М. Ефремов [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: сетевое издание. 2016. № 3. URL: <http://pab.edufire37.ru/>
9. *Lieberman M. A., Lichtenberg A. J.* Principles of Plasma Discharges and Materials Processing. N. Y.: John Wiley & Sons Inc. 1994. 360 p.
10. *Rossnagel S. M., Cuomo J. J., Westwood W. D.* Handbook of plasma processing technology. Park Ridge, New Jersey: Noyes Publications. 1990. 523 p.
11. *Райзер Ю. П.* Физика газового разряда. М.: Наука. 1992. 536 с.
12. *Morgan W. L.* A Critical Evaluation of Low Energy Electron Impact Cross Sections for Plasma Processing Modeling. I: Cl₂, F₂ and HCl // Plasma Chem. Plasma Proc. 1992. V. 12. P. 449-467.
13. *Efremov A. M., Svetsov V. I., Balashov D. I.* Compilation of cross section data of elementary processes of HCl applicable for plasma modeling // Contrib. Plasma Phys. 1999. V. 39. P. 247–253.

14. Компиляция данных по сечениям элементарных процессов для расчетов коэффициентов скоростей процессов в неравновесных системах / А. П. Куприяновская [и др.]. Черкассы, 1990. 60 с. Деп. в ВИНТИ. № 921-В90.

15. NIST Chemical Kinetics Database (<http://kinetics.nist.gov/kinetics/index.jsp>).

16. *Efremov A. M., Kwon K. H., Shabadarova D. A.* Comparative study of plasma parameters and compositions in CF₄, Cl₂ and HBr + Ar gas mixtures // Известия вузов. Химия и хим. технология. 2016. Т. 59. №. С. 11–18.

Efremov Alexander Mikhailovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo State University of Chemistry and Technology», Russian Federation, Ivanovo
Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: amefrermov@yandex.ru

Belyaev Sergey Valerievich

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: Sergej_Belyaev@mail.ru

Snegirev Dmitry Gennadievich

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: Sergej_Belyaev@mail.ru

Titova Elena Stanislavovna

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: elenatitova2222@gmail.com

On the efficiency of hydrogen halides decomposition in low temperature plasma

Abstract. The comparative study of the dissociation kinetics for hydrogen halides HX (X = F, Cl, Br) under the conditions of low-temperature non-equilibrium plasma was carried out. The effect of electron density on the densities of both original substances and plasma chemical reactions products were established for the typical conditions of glow discharge at low pressures. It was found that the HX (X = F, Cl, Br) dissociation degrees increase with increasing electron density as well as decrease in the consequence of HBr-HCl-HF under one and the same parameters of electron gas. The peculiarities of dissociation kinetics resulted in such effects were determined. These are 1) the negligible impact of bulk atom molecular reactions on the formation/decay kinetics for HF; 2) the principal influence of $\text{HCl} + \text{H} \rightarrow \text{H}_2 + \text{Cl}$

and $\text{Cl}_2 + \text{H} \rightarrow \text{HCl} + \text{Cl}$ reaction on the formation/decay kinetics for HCl; and 3) the principal influence of $\text{HBr} + \text{H} \rightarrow \text{H}_2 + \text{Br}$ and $\text{Br}_2 + \text{H} \rightarrow \text{HBr} + \text{Br}$ reactions on the formation/decay kinetics for HBr. It was suggested that the maximum efficiency of the plasma chemical conversion process may be achieved for HBr.

Keywords: hydrogen halides, conversion, plasma, rate coefficient, reaction rate, concentration, dissociation degree.

REFERENCES

1. *Lebedev N. N.* Himija i tehnologija osnovnogo organičeskogo i neftehimičeskogo sinteza. 3-e izd., pererab. M.: Himija, 1981. 234 s.
2. *Bjuler K., Pirson D.* Organicheskie sintezy. T. 1. M.: Mir, 1973. 620 s.
3. Jekologija / pod red. L. I. Cvetkovej M.: Izd-vo ASV; SPb.: Himizdat 1999. 488 s.
4. Nizkotemperaturnaja plazma, T.4. Plazmohimičeskaja tehnologija / pod red. V. D. Parhomenko, Ju. D. Tret'jakova. Novosibirsk: Nauka. Sib. Otdelenie, 1991. 392 s.
5. *Efremov A. M., Beljaev S. V., Titova E. S.* Plazmohimičeskaja konversija opasnyh gazov // Pozharnaja i avarijnaja bezopasnost': sbornik materialov X Mezhdu-narodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii, Ivanovo, 26–27 nojabrja 2015 g. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaja požarno-spatatel'naja akademija GPS MChS Rossii, 2015. C. 420–426.
6. Optimizacija režimov plazmennoj konversii hloristogo vodoroda: podho-dy i reshenija / A. M. Efremov [i dr.] // Pozharnaja i avarijnaja bezopasnost': mate-rialy XI mezhdu-narodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii, Ivanovo, 24–25 nojabrja 2016 g. Ivanovo. FGBOU VO Ivanovskaja požarno-spatatel'naja akademija GPS MChS Rossii, 2016. C. 398–402.
7. *Efremov A. V., Titova E. S.* On the Possibility of Plasma Chemical Conver-sion of Hydrogen Chloride // Russian Journal of General Chemistry. 2016. V. 86. № 2. P. 478–483.
8. Kinetika okislitel'noj destrukcii hloristogo vodoroda // A. M. Efremov [i dr.] // Pozharnaja i avarijnaja bezopasnost': setevoe izdanie. 2016. № 3. URL: <http://pab.edufire37.ru/>
9. *Lieberman M. A., Lichtenberg A. J.* Principles of Plasma Discharges and Materi-als Processing. N. Y.: John Wiley & Sons Inc. 1994. 360 p.

10. *Rossnagel S. M., Cuomo J. J., Westwood W. D.* Handbook of plasma processing technology. Park Ridge, New Jersey: Noyes Publications. 1990. 523 p.
11. *Rajzer Ju. P.* Fizika gazovogo razrjada. M.: Nauka. 1992. 536 s.
12. *Morgan W. L.* A Critical Evaluation of Low Energy Electron Impact Cross Sections for Plasma Processing Modeling. I: Cl₂, F₂ and HCl // Plasma Chem. Plasma Proc. 1992. V. 12. P. 449-467.
13. *Efremov A. M., Svetsov V. I., Balashov D. I.* Compilation of cross section data of elementary processes of HCl applicable for plasma modeling // Contrib. Plasma Phys. 1999. V. 39. P. 247–253.
14. Kompiljacija dannyh po sechenijam jelementarnyh processov dlja raschetov ko-jefficientov skorostej processov v neravnovesnyh sistemah / A. P. Kuprijanovskaja [i dr.]. Cherkassy, 1990. 60 s. Dep. v VINITI. № 921-V90.
15. NIST Chemical Kinetics Database (<http://kinetics.nist.gov/kinetics/index.jsp>).
16. *Efremov A. M., Kwon K. H., Shabadarova D. A.* Comparative study of plasma parameters and compositions in CF₄, Cl₂ and HBr + Ar gas mixtures // Izvestija vuzov. Himija i him. tehnologija. 2016. T. 59. №. S. 11–18.

Рецензент: заведующий кафедрой, кандидат химических наук, доцент С. А. Смирнов (ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)

УДК 532.783

Пашкова Тамара Викторовна

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет», Россия, Иваново
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново
Профессор
Кандидат физико-математических наук
Доцент
E-mail: pashtavi@yandex.ru

Смирнова Марина Викторовна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново
Старший преподаватель
Кандидат химических наук

Александров Анатолий Иванович

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет», Россия, Иваново
Заведующий кафедрой
Доктор физико-математических наук
Доцент
E-mail: anival@yandex.ru

Спектральные исследования пленок на основе фуллерена C₆₀ и краун-эфира

Аннотация. Проведены спектральные исследования растворов фуллерена C₆₀, краун-эфира дибензо-18-краун-6 и смеси этих веществ, а также пленок, полученных осаждением их растворов на кварцевые подложки. Получены спектры поглощения данных веществ в интервале длин волн от 200 нм до 1200 нм. На основе анализа электронных спектров поглощения установлено, что в растворе фуллерена C₆₀ в бензоле возникают сольваты C₆₀·4C₆H₆. В растворах дибензо-18-краун-6 в бензоле, начиная с концентрации 0,1%, образуются ассоциаты молекул. Установлено, что пленки C₆₀ и дибензо-18-краун-6 являются кристаллическими. При ультрафиолетовом облучении в течение 45 минут пленка C₆₀ полимеризуется, оставаясь в кристаллическом состоянии. Пленка, полученная из смеси растворов дибензо-18-краун-6 и C₆₀, также оказывается кристал-

лической, но в ней присутствует фазовое разделение. Эффектов, обусловленных встраиванием молекул краун эфира в решетку фуллерена и молекул фуллерена в решетку краун-эфира, не наблюдается. После облучения пленки её спектр практически не меняется.

Ключевые слова: фуллерен C_{60} , краун-эфир, растворы, тонкие пленки, УФ-полимеризация, спектральный анализ, структура.

1. ВВЕДЕНИЕ

Создание пленочных структур на основе фуллеренов привлекает пристальное внимание исследователей благодаря способности этих соединений полимеризоваться. Фуллерено-полимерные пленки обладают повышенными защитными свойствами [1–3]. Такая пленка на поверхности металла прекрасно справляется с защитой металла от износа, от термической и окислительной деструкции, что значительно увеличивает срок службы трущихся деталей в машинах и оборудовании. Присутствие фуллеренов в интумесцентных огнезащитных красках приводит при пожаре к образованию на поверхности окрашенных частей плотного пенококсового слоя, который в несколько раз увеличивает время нагревания до критической температуры защищаемых конструкций. Создание пленочной структуры с наноразмерными проводящими элементами представляет определенный практический интерес для нанoeлектроники. Фуллерены, в частности C_{60} , привлекают внимание благодаря своим проводящим свойствам [4–6]. Формирование пленок только на их основе весьма проблематично, так как фуллерены склонны к образованию трехмерных агрегатов. Использование макроциклических молекул, таких как краун-эфиры, способных образовывать комплексы за счет неподеленных электронных пар кислорода (захватывать своей активной полостью не только ионы, но и нейтральные молекулы), позволяет получать молекулярные структуры, в которых полости макроциклов образуют проводящие каналы.

Проведенные ранее исследования пленок Ленгмюра-Блоджетт, собранных из монослоев краун-эфир – фуллерен C_{60} показали возможность образования комплексов на их основе [7]. Интересным представляется выяснение поведения этих соединений в пленках, полученных простым осаждением на твердую подложку из раствора.

При исследовании растворов и пленок на их основе применяются методы абсорбционного спектрального анализа. Спектры поглощения в видимой и УФ-областях позволяют изучать основное и возбужденные электронные состояния молекул и переходы между ними. Для целей идентификации соединений и решения структурных проблем обычно используются характерные полосы поглощения, связанные с поглощением хромофорных групп, входящих в состав молекулы.

2. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В работе методами спектрального анализа исследовались растворы фуллерена C_{60} , незамещенного дибензо-18-краун-6 (ДБ18К6), предоставленного О.Б. Акоповой из Института наноматериалов Ивановского государственного университета, и их смеси в бензоле (концентрация варьировалась от 0,01 до 0,1%,). Пленки этих соединений формировали осаждением раствора на кварцевых подложках.

Спектры поглощения растворов исследуемых соединений и пленок на их основе получены на спектрофотометре СФ-56.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследовались растворы C_{60} , ДБ18К6 и их смеси в бензоле, концентрация варьировалась от 0,01 до 0,1%. Спектры поглощения растворов представлены на рис. 1. Поскольку бензол непрозрачен для УФ-области, спектры поглощения растворов получены в диапазоне длин волн от 276 до 1200 нм. При этом и для C_{60} и для ДБ18К6 наиболее информативной оказалась область от 300 до 700 нм.

Спектр поглощения раствора C_{60} в бензоле с концентрацией 0,01% (рис. 1, кривая 1) содержит ярко выраженный максимум поглощения, соответствующий длине волны 480 нм. На длинноволновом склоне этой полосы поглощения имеется несколько перегибов на длинах волн 510, 555 и 605 нм. Кроме того, небольшой перегиб наблюдается на кривой поглощения C_{60} перед полосой поглощения на длине волны 420 нм. В случае растворов C_{60} в бензоле предполагается сосуществование как молекул C_{60} , так и сольватов $C_{60} \cdot 4C_6H_6$, последние из которых устойчивы до температуры 313К [5]. По-видимому, наличие неярко выраженных перегибов на кривой поглощения связано с существованием сольватов в растворе.

Спектр раствора ДБ18К6 в бензоле с концентрацией 0,1% представлен на рис. 1, кривая 2. Спектр содержит достаточно широкую полосу поглощения, максимум которой приходится на длину волны 385 нм. Эта полоса поглощения отвечает за поглощение молекулы краун-эфира в целом.

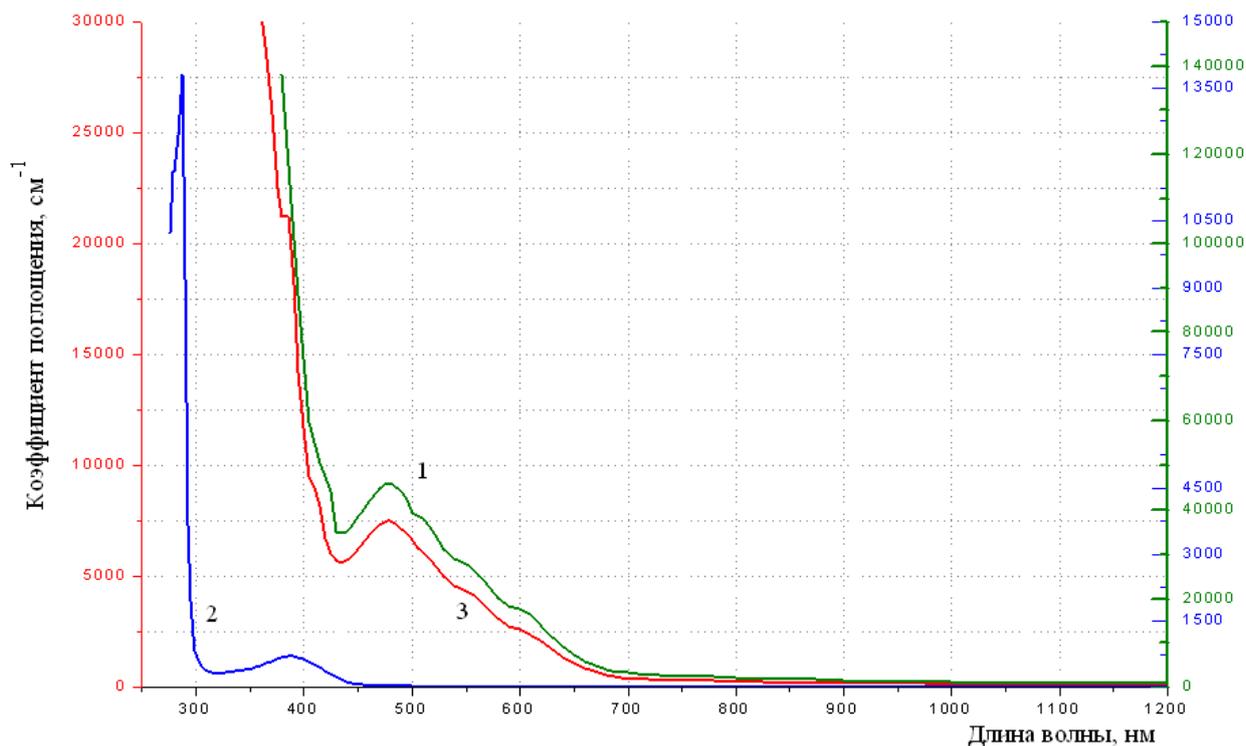


Рис. 1. Спектры поглощения растворов фуллерена C_{60} с концентрацией 0,01% (1), краун-эфира ДБ18К6, концентрация (2) и их смеси (3)

Наличие перегиба на кривой максимума поглощения со стороны более коротких длин волн свидетельствует о том, что молекулы ДБ18К6 ассоциируют. Максимум поглощения, приходящийся на длину волны 286 нм, соответствует поглощению замещенных бензольных колец.

Кривая 3 на рис. 1 представляет собой спектр поглощения смеси растворов C_{60} (0,01%) и ДБ18К6 (0,1%) в бензоле. На кривой отчетливо видна полоса поглощения фуллерена C_{60} и сольвата. А полоса поглощения ДБ18К6 выражена гораздо слабее, что связано с сильным поглощением фуллерена C_{60} в области длин волн, соответствующих полосе поглощения ДБ18К6. Следовательно, спектр поглощения смеси растворов является аддитивным.

Спектральные исследования пленок проводились в диапазоне длин волн от 196–1200 нм. Спектры поглощения пленок фуллерена C_{60} , сформированных на твердой подложке путем осаждения из раствора, до и после УФ-облучения, представлены на рис. 2.

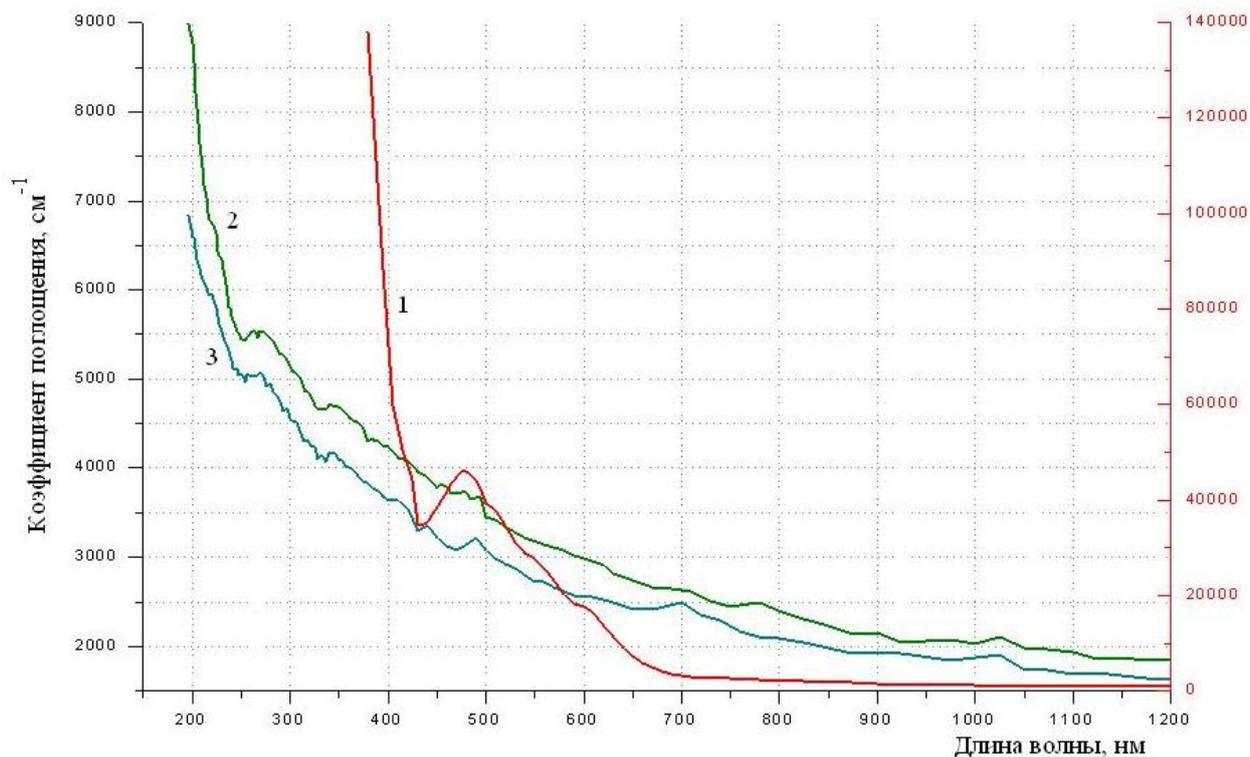


Рис. 2. Спектры поглощения раствора фуллерена C_{60} (1), пленки C_{60} (2), пленки C_{60} после УФ облучения (3)

В спектре поглощения необлученной пленки C_{60} (кривая 2) присутствуют максимумы в области длин волн 270, 340 нм, которые отсутствуют в спектре поглощения раствора C_{60} , что связано с высоким поглощением растворителя в области этих длин волн. Максимум, ярко выраженный в спектре раствора C_{60} в области 480 нм, оказался менее выраженным и распадается на серию мелких. Известно, что в твердом состоянии фуллерен C_{60} кристаллизуется [8], поэтому в спектре поглощения пленки фуллерена C_{60} уже присутствуют несколько слабых максимумов, соответствующих поглощению кристаллического вещества. Кристаллизованные из растворов фуллерены часто содержат молекулы растворите-

лей в междоузлиях [8]. Таким образом, спектр поглощения пленки соответствует спектру поглощения кристаллического фуллерена C_{60} , содержащего сольваты.

Спектр поглощения пленки фуллерена C_{60} , подвергнутой УФ-облучению (кривая 3), начинает меняться по сравнению со спектром необлученной пленки только после облучения в течение 45 минут. После облучения пленка просветляется. Спектр облученной пленки сохраняет основные черты спектра необлученной пленки. Однако в спектрах заметны некоторые отличия. Во-первых, это обострение максимума молекулы C_{60} ($\lambda=480$ нм), а во-вторых, заметно усиливается максимум на длине волны 700 нм; поскольку УФ-облучение приводит либо к димеризации, либо к полимеризации молекул C_{60} [5].

Спектры поглощения пленок ДБ18К6 представлены на рис. 3.

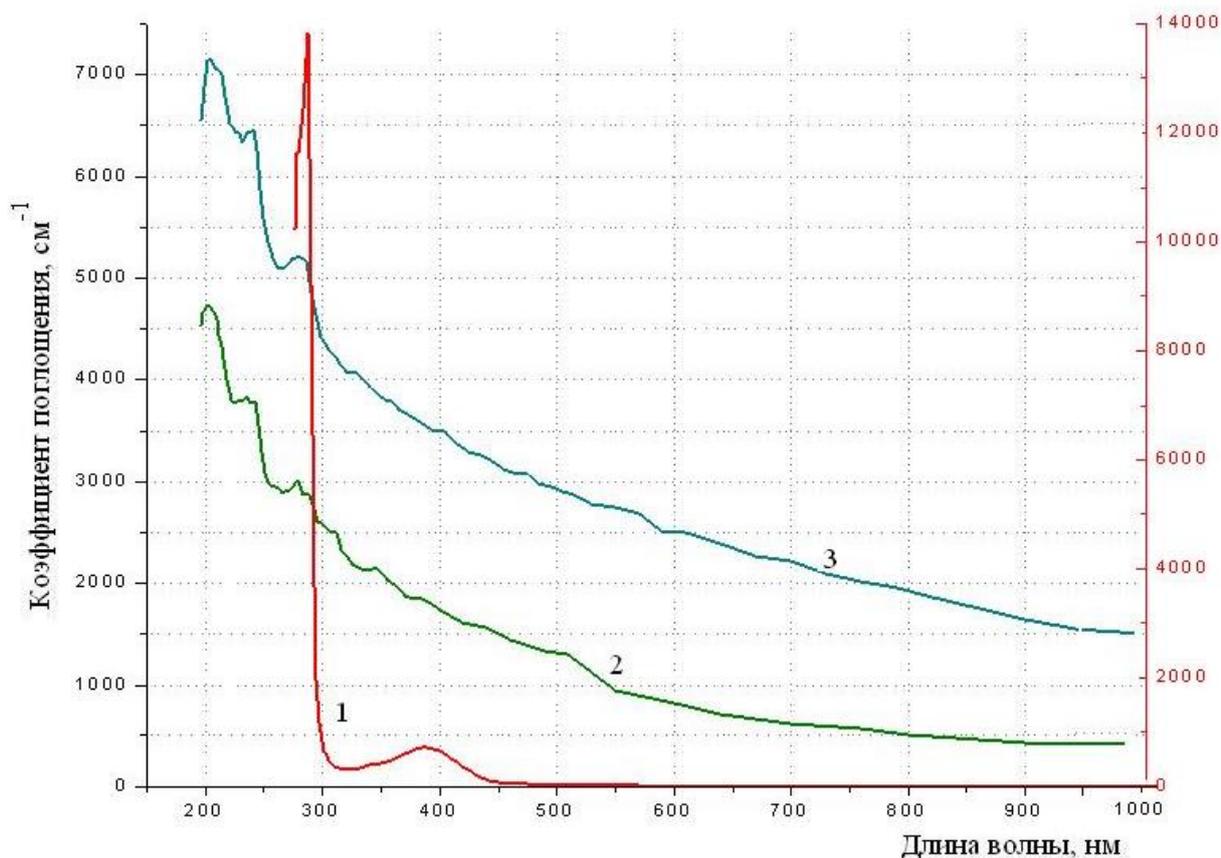


Рис. 3. Спектры поглощения раствора краун-эфира ДБ18К6 (1), пленки ДБ18К6 (2), пленки ДБ18К6 после УФ облучения (3)

Спектр пленки значительно отличается от спектра раствора. Во-первых, в УФ-области присутствуют три максимума поглощения на длинах волн 200, 240 и 286 нм. Их появление связано с поглощением бензольных колец, входящих в состав молекулы ДБ18К6. Известно, что бензол имеет три полосы поглощения: 165–185 нм; 185–210 нм; 230–270 нм [9]. При замещении водорода эти полосы претерпевают bathochromic сдвиг, что наблюдается в нашем случае в спектрах пленок на основе ДБ18К6. Интенсивный максимум поглощения, соответствующий молекуле ДБ18К6 ($\lambda=385\text{нм}$), в спектре поглощения пленки выражен гораздо менее отчетливо. В спектре поглощения пленки присутствует серия слабых максимумов в диапазоне 330–600 нм, что соответствует поглощению вещества в кристаллическом состоянии (известно, что ДБ18К6 в твердом состоянии кристаллизуется [10,11]). Пленка, сформированная из раствора ДБ18К6 в бензоле, также подвергалась облучению в течение 45 мин. Основные черты спектров облученной и необлученной пленки совпадают, рис. 3, кривые 2,3.

Спектры поглощения пленок смеси фуллерена C_{60} и ДБ18К6 представлены на рис. 4.

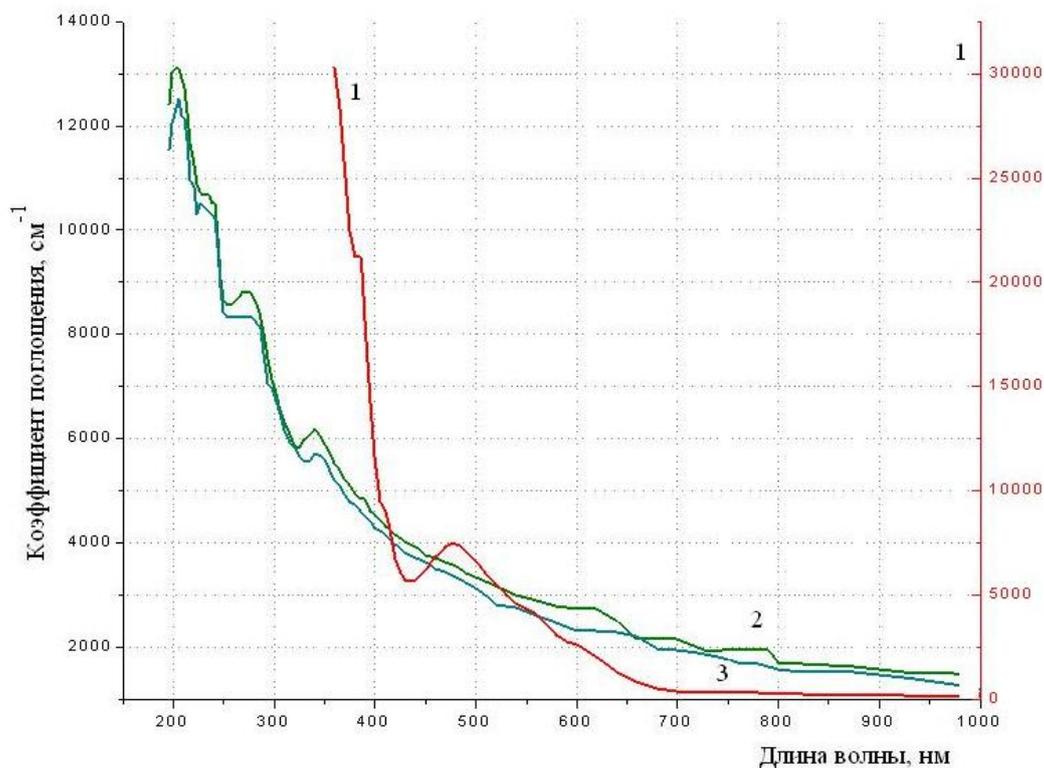


Рис. 4. Спектры поглощения раствора смеси C_{60} и краун-эфира ДБ18К6 (1), пленки смеси C_{60} -ДБ18К6 (2), пленки после УФ облучения (3)

В спектре поглощения присутствуют отчетливые максимумы на длинах волн 205, 240, 286, 340, 385, 620 и 770 нм. Как показывает сравнение пленки смеси со спектрами поглощения чистых пленок C_{60} и ДБ18К6, спектр поглощения пленки смеси представляет собой сумму спектров пленок чистых веществ. Первые три максимума связаны с поглощением молекул ДБ18К6, остальные с поглощением C_{60} . То есть, пленка смеси также оказывается кристаллической, однако в ней, по-видимому, кристаллические области фуллерена C_{60} и ДБ18К6 беспорядочно перемешаны. Встраивания молекул C_{60} в решетку и молекул ДБ18К6 в решетку C_{60} не наблюдается. После облучения пленки спектр практически не меняется. Заметен незначительный батохромный сдвиг в связи с полимеризацией молекулы фуллерена C_{60} . Поскольку спектр пленки смеси фуллерена C_{60} и ДБ18К6 оказался аддитивным, это свидетельствует о том, что в полученной пленке комплекс C_{60} -ДБ18К6, который может возникать в пленках Ленгмюра-Блоджетт [7], не обнаружен.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных спектральных исследований растворов фуллерена C_{60} , дибензо-18-краун-6, их смеси в бензоле и пленок, полученных осаждением на кварцевые подложки из растворов, установлено, что:

- Раствор фуллерена C_{60} в бензоле содержит как молекулы фуллерена, так и сольваты $C_{60} \cdot 4C_6H_6$;
- В растворах дибензо-18-краун-6 в бензоле с концентрацией 0,1% образуются молекулярные ассоциаты;
- В пленках фуллерен C_{60} и дибензо-18-краун-6 находятся в кристаллическом состоянии;
- При УФ-облучении пленка C_{60} полимеризуется, оставаясь в кристаллическом состоянии;
- Пленка, полученная из смеси растворов дибензо-18-краун-6 и фуллерена C_{60} , является кристаллической, но в ней присутствует фазовое разделение. В пленке кристаллические области фуллерена C_{60} и ДБ18К6 беспорядочно перемешаны. Агрегация молекул ДБ18К6 с фуллереном C_{60} в ней отсутствует.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения / Б. М. Балоян [и др.]. М.: Международный университет природы, общества и человека «Дубна» Филиал «Угреша», 2007. 1214 с.
2. Колмаков А. Г., Баринов С. М., Алымов М. И. Основы технологий и применения наноматериалов. М.: Академия, 2009. 208 с.
3. Мищенко С. В., Ткачев А. Г. Углеродные наноматериалы. Производство, свойства, применение. М.: Машиностроение, 2008. 320 с.
4. Wang Y., Suna A. Fullerenes in photoconductive polymers. Charge generation and charge transport // J. Phys. Chem. B. 1997. Vol. 101. P. 5627-5638.
5. Макарова Т. Л. Электрические и оптические свойства мономерных и полимеризованных фуллеренов // Физика и техника полупроводников, 2001. Том 35. Вып. 3. 257–294.
6. Каманина Н. В. Электрооптические системы на основе жидких кристаллов и фуллеренов – перспективные материалы наноэлектроники. Свойства и области применения. СПб., 2008. 137 с.
7. Александров А. И., Пашкова Т. В., Пятунин А. В. Формирование и исследование структуры пленок Ленгмюра-Блоджетт на основе системы краун-эфир – фуллерен // Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2008. Вып. 4(26). 73–80.
8. Раков Э. Г. Нанотрубки и фуллерены. М.: Университетская книга, Логос, 2006. 376 с.
9. Вилков Л. В., Пентин Ю. А. Физические методы исследования в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия. М., 1987. 367 с.
10. Александров А. И., Пашкова Т. В., Курносков А. В. Структурные исследования дибензо-18-краун-6: Ленгмюра-Блоджетт пленки и объемная фаза // Известия Академии наук. Серия физическая. 1998. Том 62. №8. 1670–1677.
11. Synthesis and Mesophase/ Studies of Crown-ethers Derivatives // O. Akopova [etc.]. Liquid Crystals Chemistry and Structure, Jerry Zielinski, Editors Proceeding of SPIE. 1988. Vol 3319. 63–66.

Pashkova Tamara Viktorovna

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo State University», Russian Federation,
Ivanovo
Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State
Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of
Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: pashtavi@yandex.ru

Smirnova Marina Viktorovna

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State
Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of
Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo

Alexandrov Anatoly Ivanovith

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo State University», Russian Federation,
Ivanovo
E-mail: anival@yandex.ru

Spectral investigations of the films based on fullerene C₆₀ and crown ether

Abstract. The spectral investigations of the solutions of fullerene C₆₀, crown-ether dibenzo-18-crown-6 and their mixture, and also the films obtained by a sedimentation of these solutions on quartz substrates are carried out. The absorption spectra of these chemical substances are obtained in a wavelength interval from 200 nm up to 1200 nm. The analysis of these electronic spectra of an absorption gave following results. The solvation of C₆₀ molecules in the solution of their in benzene (C₆₀ 4C₆H₆ solvates) and the association of crown-ether molecules in their solutions in benzene, since concentration 0,1 %, are established. It is ascertained that the films of C₆₀ and dibenzo-18-crown-6 are crystalline. UV irradiation of the film of C₆₀ (in during of 45 minutes) has resulted in their polymerization with a conservation of a crystalline state. The film obtained from the mixture of the solutions of dibenzo-18-crown-6 and C₆₀, also appears crystalline, The film obtained from a mixture of the solutions of dibenzo-18-crown-6 and C₆₀, also appears crystalline, but there is a phase segregation at this film. The effects, caused both by embedding of the crown-ether molecules into the fullerene lattice and by embedding of the fullerene molecules into the crown-ether lattice, are not observed. After UV irradiation of the film her spectrum practically does not vary.

Keywords: fullerene C₆₀, crown ether, thin films, solutions, UV polymerization, spectral analysis, structure

REFERENCES

1. Nanomaterialy. Klassifikacija, osobennosti svojstv, primenenie i tehnologii poluchenija / B. M. Balojan [i dr.]. M.: Mezhdunarodnyj universitet prirody, obshhestva i cheloveka «Dubna» Filial «Ugresha», 2007. 1214 s.
2. Kolmakov A. G., Barinov S. M., Alymov M. I. Osnovy tehnologij i primeneniya nanomaterialov. M.: Akademija, 2009. 208 s.
3. Mishhenko S. V., Tkachev A. G. Uglernodnye nanomaterialy. Proizvodstvo, svojstva, primenenie. M.: Mashinostroenie, 2008. 320 s.
4. Wang Y., Suna A. Fullerenes in photoconductive polymers. Charge generation and charge transport // J. Phys. Chem. B. 1997. Vol. 101. P. 5627-5638.
5. Makarova T. L. Jelektricheskie i opticheskie svojstva monomernyh i polimerizovannyh fullerenov // Fizika i tehnika poluprovodnikov, 2001. Tom 35. Vyp. 3. 257–294.
6. Kamanina N. V. Jelektroopticheskie sistemy na osnove zhidkih kristallov i fullerenov – perspektivnye materialy nanojelektroniki. Svojstva i oblasti primeneniya. SPb., 2008. 137 s.
7. Aleksandrov A. I., Pashkova T. V., Pjatunin A. V. Formirovanie i issledovanie struktury plenok Lengmjura-Blodzhett na osnove sistemy kraun-jefir – fulleren // Zhidkie kristally i ih prakticheskoe ispol'zovanie. 2008. Vyp. 4(26). 73–80.
8. Rakov Je. G. Nanotrubki i fullereny. M.: Universitetskaja kniga, Logos, 2006. 376 s.
9. Vilkov L. V., Pentin Ju. A. Fizicheskie metody issledovanija v himii. Strukturnye metody i opticheskaja spektroskopija. M., 1987. 367 s.
10. Aleksandrov A. I., Pashkova T. V., Kurnosov A. V. Strukturnye issledovanija dibenzo-18-kraun-6: Lengmjura-Blodzhett plenki i obzornaja faza // Izvestija Akademii nauk. Serija fizicheskaja. 1998. Tom 62. №8. 1670–1677.
11. Synthesis and Mesophase/ Studies of Crown-ethers Derivatives // O. Akopova [etc.]. Liquid Crystals Chemistry and Structure, Jerry Zielinski, Editors Proceeding of SPIE. 1988. Vol 3319. 63–66.

Рецензент: заведующий лабораторией, доктор технических наук, профессор А. Г. Наумов (ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»)

ГУМАНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЧС РОССИИ

УДК 614.8

Новичкова Наталия Юрьевна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново

Профессор

Кандидат исторических наук

Доцент

E-mail: n.nature@mail.ru

Деятельность Владимирского земства по обеспечению защиты сельского населения от пожаров во второй половине XIX века

Аннотация. В статье дается анализ деятельности владимирского земства по обеспечению защиты сельского населения от пожаров. Приведены статистические данные о размерах ущерба от пожаров в Российской империи в конце XIX века. Отмечается, что на селе основными причинами пожаров являлись соломенные крыши, скученность построек, отсутствие контроля за состоянием труб и печей и неосторожное обращение с огнем. Сельские жители проявляли безответственность в обращении с огнем и часто нарушали правила пожарной безопасности. По причине массовой невежественности население не считало нужным приобретать пожарное оборудование, проверять дымоходы, иметь в доме запасы воды на случай пожара, создавать добровольные дружины. Автор выделил недостатки в организации пожарной защиты сельского населения России в имперский период, в частности, отсутствие в сельской местности специалистов пожарного дела, способных профессионально подойти к оказанию действенной помощи домовладельцам в случае пожара. Особо отмечается, что важным средством помощи населению в защите от пожаров являлось обязательное страхование, которое давало возможность оказывать реальную поддержку населению со стороны общественных и государственных учреждений. В статье показана успешная деятельность владимирского земства по проведению обязательного противопожарного страхования имущества и повышению уровня защиты жизни и имущества жителей от пожаров.

Ключевые слова: пожары в сельской местности, причины пожаров, ущерб от пожаров, пожарная профилактика, правила пожарной безопасности, земство, противопожарное страхование.

Во второй половине XIX века пожары в Российской империи приобрели масштабы национального бедствия. За период с 1860 по 1890 годы количество пожаров на территории империи увеличилось втрое. В конце XIX века размеры ежегодных убытков от пожаров в России составили около 400 млн. руб. [1] Эта сумма в 8 раз превысила те средства, которые по данным представителей местных комитетов помощи погорельцам и инспекторов страховых обществ выплачивалась акционерными страховыми компаниями лицам, пострадавшим от пожаров. Эти потери будут выглядеть еще более значительными, если сравнить их с ущербом, который приносили пожары во Франции, где убытки исчислялись суммой в 40 млн. рублей, т.е. в 10 раз меньше, чем в России [1].

В условиях, когда пожарная эпидемия в стране, по сути, набирала силу, решение вопросов по обеспечению пожарной безопасности во многом зависело от отношения губернского земства к делу защиты местного населения от пожаров. Как бы ни были опустошительны пожары в городах, они все же не могли сравниться с масштабами пожаров в сельской местности, когда за несколько часов целые деревни и села превращались в груды пепла. Кроме того, что после пожара люди оставались без крова, они нередко лишались и всех запасов продовольствия.

На селе основными причинами пожаров являлись соломенные крыши, скученность построек, отсутствие контроля за состоянием труб и печей и неосторожное обращение с огнем. Российским пожарным законодательством были определены обязанности сельских жителей в области пожарной безопасности. Сельские домовладельцы должны были делать регулярные обходы в своих домах и следить, чтобы домочадцы соблюдали необходимые меры предосторожности от огня [6]. Всем жителям также вменялось в обязанность гасить и заливать огонь, оставленный кем-либо непотушенным. Ввиду отсутствия в деревнях пожарных команд важная роль в деле пожарной профилактики отводилась сельским пожарным старостам, права и обязанности которых определялись в Сборнике циркуляров министра внутренних дел. Пожарный староста избирался жителями один на несколько участков. Он наблюдал за несением караулов и

докладывал в полицию о тех, кто уклонялся от ночного дежурства. Главная же его обязанность заключалась в контроле за соблюдением жителями мер предосторожности против пожаров [6].

Порядок строительства домов в сельской местности был определен в Строительном Уставе. Жилые деревянные дома должны размещаться от соседних на расстоянии не менее шести саженей. На улицах перед домами рекомендовалось сажать лиственные деревья и кустарники, которые служили бы препятствием для распространения огня. Жители должны были устраивать бани и кузницы за пределами усадеб, на берегах рек, озер или у колодцев, специально вырытых для этого. Летом, во время полевых работ запрещалось оставлять в домах малолетних детей без присмотра. Последнее правило нарушалось чаще всего, что и приводило к самым печальным последствиям [3].

По сведениям уездных земских управ уже на 1 октября 1897 года в 13 уездах Владимирской губернии находилось 6194 селения. Из их числа только 100 поселений оставались нераспланированными, что составляло полтора процента от общего количества [5]. В остальных планы застройки были разработаны и утверждены. Эти данные свидетельствуют о серьезном отношении местного земства к соблюдению строительных норм и обеспечению пожарной безопасности в селах, находившихся на территории губернии.

Все заботы по защите населения от пожаров в уездах возлагались на органы местного самоуправления – местные земства, которые должны были выделять средства на предотвращение пожаров. По данным, представленным министром земледелия А. С. Ермоловым в книге «Современная пожарная эпидемия в России», в начале XX в. земства ежегодно тратили на противопожарные меры 3 млн. 600 тыс. рублей [4].

Владимирское земство, вместе с Пермским и Харьковским земствами, по затратам на покупку пожарного инвентаря, улучшение водоснабжения, поддержку добровольных дружин и планирование застройки поселений входило в тройку лидеров на Европейской части Российской империи.

Важным средством помощи населению в защите от пожаров являлось обязательное страхование, которое давало возможность оказывать реальную поддержку населению со стороны общественных и государственных учреждений. Владимирское земство не оставалось в стороне от решения и этого вопроса. Из отчета Владимирской Губернской земской управы по земскому страхованию за 1896 год следует, что в губернии было застраховано 602 тысячи зда-

ний, из них 4500 каменных строений, а остальные представляли собой деревянные постройки. Сумма страховых платежей составила 604 тыс. рублей. О том, что пожары представляли собой серьезную угрозу спокойствию и благополучию жителей, свидетельствует тот факт, что число сгоревших построек достигло 5000 тысяч (из них только 30 домов были каменными, а остальные деревянными) [6]. Наибольшее число пожаров произошло от неисправности труб, печей и неосторожного обращения с огнем. Самый серьезный ущерб от пожаров получили жители Покровского уезда, где сгорело 529 домов. Большие потери имели место и в Муромском уезде (316 домов), а также в Меленковском (308 домов) и Судогодском (278 домов) уездах [6].

Соответственно, погорельцы в этих уездах получили большую часть выплат по страховым премиям, причем размеры этих выплат были достаточно серьезными. За тридцать лет существования страхового отдела, основанного в 1867 году, был накоплен капитал в 2 млн.145 тыс. рублей, который приносил губернской земской управе доход в размере 248 тыс. рублей. Эти финансовые успехи и позволили Владимирскому земству по сравнению с другими губерниями выйти на лидирующие позиции в деле обеспечения пожарной безопасности губернии.

Еще одним проявлением заботы, проявленной губернским земством в деле предупреждения опустошительных пожаров, можно считать распоряжение губернской земской управы об устройстве в уездах дополнительных колодцев и прудов для обеспечения водой на случай пожара. Такое решение было принято в связи с тем, что одной из главных причин опустошительных пожаров в сельской местности являлся недостаток воды. При возникновении даже небольшого возгорания огонь начинал быстро распространяться, что приводило к серьезным потерям.

Однако, несмотря на очевидную важность выполнения подобного требования, лишь в 9 уездах это предписание было выполнено в полном объеме. В Ковровском уезде работы по устройству новых колодцев для пожарных нужд были выполнены только наполовину. В Шуйском уезде работы были произведены лишь на четверть установленной нормы, а в Суздальском уезде к делу не приступили вовсе. Несложно представить, как жители расплачивались за подобную халатность со стороны местных властей. При этом необходимо учитывать тот факт, что население губернии проявляло безответственность в обращении с огнем и часто нарушало правила пожарной безопасности. По причине

массовой невежественности сельские жители не считали нужным приобретать пожарное оборудование, проверять дымоходы, иметь в доме запасы воды на случай пожара, создавать добровольные дружины.

К сожалению, и уездные земские управы не всегда проявляли инициативу по приобретению противопожарного оборудования для обеспечения пожарного обоза и не торопились заказывать технику, без которой невозможно было вести эффективную борьбу с огнем.

Подобная инертность проявлялась и в отношении контроля за состоянием труб и печей. Если в городах для этих целей управой нанимались трубочисты, то в селах эта работа практически не велась. В результате пожары по причине неисправности печного оборудования составляли более трети от их общего количества. Негативную роль в подготовке и организации на селе противопожарных мероприятий играло и отсутствие в сельской местности специалистов пожарного дела, способных профессионально подойти к оказанию действенной помощи домовладельцам в случае пожара.

Отмеченные выше недостатки в организации пожарной защиты сельского населения наблюдались на территории Российской империи практически повсеместно, и Владимирская губерния не являлась в этом вопросе исключением. Однако, даже при наличии этих недостатков, нет оснований считать, что Владимирское земство в деле борьбы с огнем занимало пассивную позицию наблюдателя. Следует отметить, что земские учреждения Владимирской губернии были обеспокоены убытками, являвшимися следствием частых пожаров, и проявляли реальную заботу по защите населения от огненного бедствия. К началу XX века пожарная обстановка в губернии улучшилась благодаря усилиям земства по распланированию селений, организации обязательного земского страхования, контролю за принятием решений по обеспечению поселений водой на случай пожара. К сожалению, не всегда эти предписания выполнялись в полном объеме.

Тем не менее, по результативности своих действий в сфере профилактики сельских пожаров Владимирское земство опережало многие другие, даже более благополучные в финансовом отношении губернские земские учреждения России, поскольку не на словах, а на деле проявляло заинтересованность в повышении уровня защиты жизни и имущества жителей от пожаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бородин Д. Н.* Поджог как одна из причин пожарных бедствий и борьба с этим преступлением. СПб., 1912. 92 с.
2. *Гофштетер И.* Пожарно-страховое дело в земских губерниях. История его развития и современная постановка. СПб., 1902.
3. *Новичкова Н. Ю.* Пожарная охрана России в конце XIX – начале XX века: монография. Иваново, 2005. 180 с.
4. *Ермолов А. С.* Современная пожарная эпидемия в России. СПб., 1910. 211 с.
5. Пожарное дело. 1989 г. №12.
6. Пожарное дело. 1989 г. №8.
7. Страховое дело. 1910 г. №16.
8. Положение о земских учреждениях 12 июля 1890 г. со всеми относящимися к нему узаконениями, судебными и правительственными разъяснениями. СПб. 1904 г. Т.1. 480 с.
9. Государственный архив Владимирской области (ГАВО).Ф. 40. Владимирское губернское правление (1796–1917). Оп. 1. Д. 3630, 3668.
10. Устав строительный. Издание 1857 года // СЗРИ. СПб., 1857. Т.12. Ч.1.

Novichkova Natalia Yurevna

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: n.nature@mail.ru

The activities of Vladimir provincial authorities for protection of rural population from fires

Abstract. The activities of Vladimir provincial authorities for protection of rural population from fires is analyzed in the article. The statistic data about the fire damage in Russian Empire at the end of XIX century is given. It is noted that the main causes of fires in the rural area were: overcrowding of structures, lack of control of pipes and furnaces, careless handling of fire. Rural population was irresponsible in using fire and often broke fire safety rules. Because of mass ignorance rural population did not buy fire equipment, check flues, store water, organize volunteer fire brigades. The author determined the lack of organization of fire protection of rural population, particularly the lack of fire-fighting specialists, having knowledge how to help home holders in case of fire. It is especially underlined that fire insurance was very important for real help that state and local authorities could give to population. The successful activities of Vladimir provincial authorities in fire insurance and increasing of level of protection of lives and property of rural population is shown in the article.

Keywords: rural fires, the causes of fires, fire damage, fire prevention, the rules of fire safety, zemstvo, fire insurance.

REFERENCES

1. *Borodin D. N.* Podzhog kak odna iz prichin pozharных bedstvij i bor'ba s jetim prestupleniem. SPb., 1912. 92 s.
2. *Gofsheter I.* Pozharno-strahovoe delo v zemskih gubernijah. Istorija ego razvitija i sovremennaja postanovka. Spb., 1902.
3. *Novichkova N. Ju.* Pozharnaja ohrana Rossii v konce XIX – nachale HH veka: monografija. Ivanovo, 2005. 180 s.
4. *Ermolov A. S.* Sovremennaja pozharnaja jepidemija v Rossii. SPb., 1910. 211 s.

5. Pozharnoe delo. 1989 g. №12.

6. Pozharnoe delo. 1989 g. №8.

7. Strahovoe delo. 1910 g. №16.

8. Polozhenie o zemskih uchrezhdenijah 12 ijulja 1890 g. so vsemi odnosjashhimisja k nemu uzakonenijami, sudebnymi i pravitel'stvennymi razjasnenijami. SPb. 1904 g. T.1. 480 s.

9. Gosudarstvennyj arhiv Vladimirskoj oblasti (GAVO).F. 40. Vladimirskoe gubernskoe pravlenie (1796–1917). Op. 1. D. 3630, 3668.

10. Ustav stroitel'nyj. Izdanie 1857 goda // SZRI. SPb., 1857. T.12. Ch.1.

*Рецензент: доцент, кандидат исторических наук **Т. А. Красницкая** (Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»)*

**УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

УДК 351/354

Коровин Дмитрий Игоревич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново

Профессор

Доктор экономических наук

Доцент

E-mail: dmitriyikorovin@list.ru

SPIN-код: 5151–4291

Дурандин Максим Александрович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново

Магистрант

E-mail: maksdurandin1995@gmail.com

**Анализ существующих информационно-технических методов
обучения принятию управленческих решений
в экстремальных ситуациях**

Аннотация. Научная публикация посвящена критическому обзору существующих информационно-технических методов обучения принятию управленческих решений в экстремальных ситуациях.

Авторы проводят обзор различных информационных технологий, используемых в обучении принятию управленческих решений различными группами специалистов. Сравниваются две обучаемые группы. Первая – слушатели специальных образовательных учреждений со специальными режимами подготовки (образовательные организации МЧС России). Вторая – работники, образование которых в сфере принятия решений в экстремальных ситуациях определено нормативными актами (председатели комиссий по чрезвычайным ситуациям (далее – КЧС) всех уровней). Анализ информационно-технических методов обучения принятию управленческих решений указывает на невозмож-

ность применения конкретных алгоритмов применения этих методов, реализуемых в обучающих практиках для одних групп специалистов для обучения других групп. Приводятся аргументы, подтверждающие этот тезис.

Ключевые слова: информационно-технические методы; чрезвычайная ситуация; лицо, принимающее решение; управленческое решение; обучение; руководитель; информация; анализ; альтернатива решения; негативные последствия.

Развитие информационных технологий существенным образом преобразовывает алгоритмы принятия решений, известные обществу с давних пор. Огромный поток информации порождает новые проблемы, о существовании которых люди не знали раньше. Например, только в течение последних десяти лет в ведущих образовательных центрах мира появились учебные дисциплины, изучающие, как различные методы обработки неструктурированных данных (Big Data или Not only SQL) влияют на принятие решения. На сегодняшний день не существует устойчивого концептуального подхода определения качества алгоритма принятия решения, основанного на информационных технологиях. Любые методы принятия решения, основанные на получении информации, подвергаются критике. Претензия общества на унификацию образования, состоящая в обучении «ключевым» информационно-техническим методам, является ничтожной. Единственным выходом становится обучение пользователя только тому алгоритму, который «заточен» под его деятельность. Попробуем проанализировать различные информационно-технические методы обучения принятию решения в чрезвычайных ситуациях, используемые в образовательной деятельности высших учебных заведений. Укажем на две категории обучаемых, которые в своей деятельности сталкиваются с принятием решения в экстремальной ситуации. Первая – слушатели специальных образовательных учреждений со специальными режимами подготовки (образовательные организации МЧС России). Обучаемые из этой группы имеют специальную физическую, психологическую подготовку. Вторая – гражданские специалисты, образование которых в сфере принятия решений в экстремальных ситуациях предусмотрено нормативными актами (председатели КЧС всех уровней). Обычно их образованием занимаются либо специальные подразделения вузов, либо учреждения дополнительного образования.

Информационно-технические методы – это совокупность методов, процессов и средств, объединенных в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, сохранение, обработку, вывод и распространение информации для снижения трудоемкости процессов использования информационных ресурсов, повышения их надежности и оперативности [1].

Использование информационно-технических методов обучения принятия управленческих решений в экстремальных ситуациях должно соответствовать следующим условиям. Во-первых, технологии, а лучше всего программное обеспечение, должно быть реальным. Это значит, что обучение должно производиться в среде, в которой далее придется работать пользователю. Во-вторых, мы ведем речь об использовании информационных технологий в экстремальных ситуациях. Поэтому обучение должно учитывать этот аспект. В-третьих, образовательная технология подготовки однозначно должна коррелировать с информационной технологией, используемой в работе. Далее этот факт будем подчеркивать, каждый раз упоминая об информационных системах (как проявлении технологии), используемых в период чрезвычайной ситуации (далее – ЧС). В-четвертых. Существенный отпечаток на информационные методы накладывает структура (или её отсутствие) информации, необходимой для принятия решения. Технология, образовательные методы должны учитывать и это. Охарактеризуем существующие информационные технологии, к использованию которых мы должны подготовить специалиста.

1. Корпоративная информационная система (далее – КИС). КИС – это интегрированная система управления территориально распределенной организацией. Её функционал определяют процессы получения и передачи информации, связанной с хозяйственной деятельностью объекта, по назначению, контроля за исполнением технологических процессов, создания документационного сопровождения процессов, сбора информации о работе системы в непрерывном режиме. Очевидно, что часть этого функционала является функционалом деятельности экстренных служб. Поэтому идеология КИС является основой деятельности специального программного комплекса, обеспечивающего деятельность единых дежурно-диспетчерских служб. Развитие этого концепта приводит к использованию автоматизированной информационно – управляемой системы (далее – АИУС). Данная система предназначена для сбора, обработки оперативной информации о ЧС и информационного обмена между различными подсистемами и звеньями Российской единой государственной системы преду-

преждения и ликвидации последствий ЧС (далее – РСЧС). Для этого все данные сохраняются в единый банк данных, создавая информационный фонд, который в дальнейшем используется при анализе и прогнозировании ситуации. Данная система является инструментом и методом для комплексной оценки последствий ЧС и по обучению принятия управленческого решения.

В КИС (и в АИУС РСЧС) используются следующие информационно-технические методы: информационные технологии управления поддержки принятия решений, экспертные системы. В рамках образовательных программ подготовки слушатели специальных образовательных учреждений получают опыт работы в экстремальных ситуациях на практиках, включенных в учебные планы. В гражданских вузах опыт работы в подобных информационных системах в условиях экстремальных ситуаций практически отсутствует. Исключением могут быть, например, практические занятия на полигонах при отработке различных протоколов поведения оператора, управляющего процессами АЭС (направления подготовки, связанные с образованием в энергетических вузах).

Программные комплексы, использующие 3D моделирование. В различных образовательных программах эти технологии имеют совершенно различное назначение. В рамках обучения специалистов МЧС России это направление связано с формированием банка данных по потенциально опасным объектам в трехмерном (3D) формате. Трехмерное моделирование позволяет проводить не только мониторинг, но и обучение принятию решений. Данная система наглядно моделирует ЧС, после чего, опираясь на свои знания, умения и опыт, производит оценку ситуации и затем принимает управленческое решение. Для решения этих задач используется комплекс специализированного программного обеспечения. Слушателям в рамках учебных дисциплин объясняются информационно-аналитические методы, проверяется их освоение с использованием специального софта, ядро которого используется и в реальных информационных системах АИУС. Большое внимание уделяется психологическому аспекту. Выполнение работ отягощается дополнительными стрессовыми ситуациями, которые имитируют психологическое воздействие.

В гражданских вузах данная технология используется как инструмент проектирования объектов или технологических процессов. Основная задача, решаемая обучающимися – это недопущение экстремального развития ситуации, и решения, которые необходимо применять в случае негативного развития ситуации, обычно не рассматриваются.

3. Геоинформационные системы (далее – ГИС) гарантируют получение, сохранение, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных. Данная система объединяет традиционные операции работы с базами данных (например, запрос и статистический анализ) с преимуществами полноценной визуализации и географического анализа, которые предоставляет карта. Это отличает ГИС от других информационных систем и обеспечивает уникальные возможности их применения для решения задач, связанных с анализом явлений и событий окружающего мира, с выделением главных факторов и причин, с планированием стратегических решений и анализом возможных последствий предпринимаемых действий лицом, принимающим решение (далее – ЛПР).

4. Деловые игры относятся к операционным методам активного обучения и могут быть реализованы в двух вариантах: деловые игры (далее – ДИ) и организационно-деловые игры (далее – ОДИ). Существенный прорыв в развитии этого информационно-аналитического метода был получен с внедрения, как не странно, многопользовательских игровых технологий. Ещё с 50-х годов прошлого столетия имитационные методы моделирования стали проникать в образовательный процесс. Игры, использующие стохастические методы для создания новых ситуаций, использовались для развития навыков принятия решений. На сегодняшний день сфера создания стресс-тестинговых моделей является быстро развивающимся разделом подготовки персонала в ведущих компаниях. Основой этой деятельности является информационные модели стохастического имитационного моделирования.

Для реализации деловой игры, описывающей поведение в экстремальной ситуации, необходима база, определяющая факторы этой экстремальной ситуации. Широта, изменчивость факторов, определяющих специфику и протекание экстремальной ситуации, требует создания информационной базы данных. Она будет источником симуляции процессов, на которых будут тренироваться навыки обучаемых специалистов. Примеры таких тестов: fire test, my tests students.

На сегодняшний день авторы рассматривают способы создания подобных тестов для председателей КЧС. Нами не обнаружены специальные программные средства, используемые в целях подготовки к экстремальному принятию решений будущими председателями КЧС в сфере образования. По нашему мнению, подобная система обучения должна содержать в себе следующие блоки:

1. База реальных ЧС, описание протекания ЧС, изменение факторов в течение ЧС;
2. База «правильных» решений председателей КЧС в каждом случае;
3. Блок генерации условий теста;
4. Блок отражения результатов и рекомендаций.

Создание подобных тестов специально для гражданских специалистов актуально.

Блок генерации условий теста должен реализоваться на основе стохастического имитационного моделирования, поэтому такие тесты можно назвать стохастическими. Действительно, информационные технологии обучения, используемые для сотрудников МЧС России, обучаемых в течение длительного времени, определяющие соответствующее психологическое и моральное восприятие, ЧС неприемлемы для гражданских лиц.

Итоги вышеизложенного подведем в аналитической таблице.

Таблица. Анализ применения информационно-технических методов обучения в образовательном процессе

Информационно-технический метод	Группа	Соответствует ли реально существующей системе	Присутствует ли учет экстремальности	Проходит ли обучение оптимизации инф. технологии	Учитывается ли понимание структуры информации
КИС (в рамках АУИС РСЧС)	1	+	+	-	-
	2	-	-	-	-
Системы 3D моделирования	1	+	+	-	-
	2	+	-	+	-
Геоинформационные системы	1	+	-	-	-
	2	+	-	-	-
Деловые игры (стохастические тесты)	1	+	+	-	+
	2	Не наблюдали	Не наблюдали	Не наблюдали	Не наблюдали

Таким образом, для достижения наилучшего результата надо использовать те информационные технологии и те программные средства, которые создаются под конкретных исполнителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белава Г. Б.* Педагогическая система обучения принятию управленческого решения в вузе [Электронный ресурс]. URL: <http://www.neuch.ru/referat/62491>. (Дата обращения: 20.11.17).
2. *Долгоруков А. М.* Метод кейсов (casestudy) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.evolkov.net/case/case.study.html> (Дата обращения: 22.11.09).
3. *Карнов А. В.* Психология менеджмента [Электронный ресурс]. URL: <http://sbiblio.com/biblio/archive/karnovpsiho/12.aspx> (Дата обращения: 15.11.17).
4. *Колпаков В. М.* Теория и практика принятия управленческих решений: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Киев : МАУП, 2004. 78 с.
5. *Клустер Д.* Что такое критическое мышление? [Электронный ресурс]. URL: <http://rus.1september.ru/newspaper.php?year=2008&num=29> (Дата обращения: 18.11.17).
6. *Халина В. Г., Чернова Г. В.* Системы поддержки принятия управленческих решений. М.: Издательство Юрайт, 2016. 211 с.
7. *Егоров В. Н., Коровин Д. И.* Основы экономической теории надежности производственных систем. М.: Наука, 2006. 475 с.
8. Надежность технических систем и техногенный риск / В.А. Акимов и др. М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2002. 376 с.
9. *Акимов В. А., Новиков В. Д., Радаев Н. Н.* Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски. М.: Деловой экспресс, 2001. 344 с.
10. *Арсеньев Ю. Н., Шелобаев С. И., Давыдова Т. Ю.* Информационные системы и технологии. Экономика. Управление. Бизнес : учеб. пособие для студентов вузов. М. : ЮНИТИ- ДАНА, 2006. 447 с.
11. *Коноплева И. А., Хохлова О. А., Денисов А. В.* Информационные технологии: учеб. пособие / под ред. И. А. Коноплевой. М.: Проспект, 2008. 304 с.

Korovin Dmitrij Igorevich

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: dmitriyikorovin@list.ru

Durandin Maksim Aleksandrovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: maksdurandin1995@gmail.com

Analysis of existing information and technological methods of training to adoption of managerial solutions in extreme situations

Abstract. Scientific publication is devoted to a critical review of the existing information technology teaching methods of managerial decision-making in extreme situations. The authors conduct an overview of the different information technologies used in teaching managerial decision-making in different professional groups. Compares the two trained groups. First — students of special educational institutions with a special mode of training (institutions of higher education subordinate to EMERCOM of Russia). The second workers, the formation of which in the sphere of decision-making in extreme situations, the predefined regulations (chairmen of commissions on emergency situations (hereinafter – CES) of all levels). Analysis of information and technical teaching methods to the managerial decision-making indicates that the application of specific algorithms of these methods, implemented in educational practice for some groups to other groups. The arguments to prove this thesis.

Keywords: information technology methods; emergency situation; decision maker; decision-making; training; head; information; analysis; alternative solutions; the negative consequences.

REFERENCES

1. *Belava G. B.* Pedagogicheskaja sistema obucheniya prinjatiju upravlencheskogo reshenija v vuze [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://www.neuch.ru/referat/62491>. (Data obrashhenija: 20.11.17).
2. *Dolgorukov A. M.* Metod kejsov (casestudy) [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://www.evolkov.net/case/case.study.html> (Data obrashhenija: 22.11.09).
3. *Karpov A. V.* Psihologija menedzhmenta [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://sbiblio.com/biblio/archive/karpovpsiho/12.aspx> (Data obrashhenija: 15. 11. 17).
4. *Kolpakov V. M.* Teorija i praktika prinjatija upravlencheskih reshenij: ucheb. posobie. 2-e izd., pererab. i dop. Kiev : MAUP, 2004. 78 s.
5. *Kluster D.* Chto takoe kriticheskoe myshlenie? [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://rus.1september.ru/newspaper.php?year=2008&num=29> (Data obrashhenija: 18.11.17).
6. *Halina V. G., Chernova G. V.* Sistemy podderzhki prinjatija upravlencheskih reshenij. M.: Izdatel'stvo Jurajt, 2016. 211 s.
7. *Egorov V. N., Korovin D. I.* Osnovy jekonomicheskoy teorii nadezhnosti proizvodstvennyh sistem. M.: Nauka, 2006. 475 s.
8. Nadezhnost' tehniceskikh sistem i tehnogennyj risk / V.A. Akimov i dr. M.: ZAO FID «Delovoj jekspress», 2002. 376 s.
9. *Akimov V. A., Novikov V. D., Radaev N. N.* Prirodnye i tehnogennye chrezvyčajnye situacii: opasnosti, ugrozy, riski. M.: Delovoj jekspress, 2001. 344 s.
10. *Arsen'ev Ju. N., Shelobaev S. I., Davydova T. Ju.* Informacionnye sistemy i tehnologii. Jekonomika. Upravlenie. Biznes : ucheb. posobie dlja studentov vuzov. M. : JuNITI- DANA, 2006. 447 s.
11. *Konopleva I. A., Hohlova O. A., Denisov A. V.* Informacionnye tehnologii: ucheb. posobie / pod red. I. A. Konoplevoj. M.: Prospekt, 2008. 304 s.

Рецензент: доцент, кандидат экономических наук, доцент Т. Д. Раева (ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет»)

УДК 342.9

Цветков Михаил Юрьевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново
Старший преподаватель
Кандидат философских наук
E-mail: mixail.czvetkov.1974@mail.ru

Пустовалова Ирина Николаевна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново
Преподаватель
Кандидат юридических наук
Доцент
E-mail: pustovalovai@mail.ru

Особенности избирательных прав сотрудников МЧС России

Аннотация: В данной статье рассматривается система избирательных прав сотрудников МЧС России. Анализируется нормативная правовая база, регулирующая обеспечение избирательных прав сотрудников пожарной охраны. Обращено внимание на особенности системы избирательных прав сотрудников федеральной противопожарной службы. Проводится соотношение между избирательными правами граждан, военнослужащих и сотрудников МЧС России.

Ключевые слова: избирательные права; сотрудник МЧС России; федеральная противопожарная служба; выборы; референдум; избирательный процесс; избирательные комиссии; список избирателей; кандидат; депутат.

Право участвовать в управлении делами государства непосредственно или через своих представителей является важнейшим правом гражданина Российской Федерации. Закрепление данного права в Конституции РФ подчеркивает демократический характер российской государственности, выражает реальное осуществление власти народа. Реализация права на управление делами государства гражданами России обеспечивается посредством участия в выборах в федеральные, региональные и местные органы власти и референдумах различного уровня.

Право избирать и быть избранным представляет собой легальную форму проявления народовластия, отнесено к политическим правам, гарантируется и обеспечивается государством, в том числе через такой правозащитный механизм, как правосудие.

Избирательное право относится к субъективным правам граждан [8], включает в себя как активное, так и пассивное избирательное право [11]. С точки зрения Е. И. Колюшина, избирательное право – это нормы, регулирующие порядок предоставления права участия в выборах [10].

Порядок организации и проведения выборов (совокупность избирательных процедур: назначение даты выборов; образование избирательных округов, избирательных участков; составление списков избирателей; выдвижение кандидатов и их регистрация; информирование избирателей и проведение предвыборной агитации; голосование и определение результатов выборов) базируется на законодательно закрепленных в Федеральном законе от 12.06.2002 № 67-ФЗ «Об основных гарантиях избирательных прав и права на участие в референдуме граждан Российской Федерации» принципах, в числе которых – всеобщность, равноправие, тайность голосования, непосредственность выборов, их открытость, обязательность, периодичность проведения и другие (ст. 3–7).

Принцип всеобщности избирательного права, полнота его реализации в специальной литературе соотносится со степенью демократического развития общества [1].

Именно этому принципу придается особое значение в международных избирательных стандартах, нашедших свое отражение в ст. 21 Всеобщей декларации прав человека (принята Генеральной Ассамблеей ООН 10.12.1948), в ст. 25 Международного пакта о гражданских и политических правах (принят резолюцией 2200 А (XXI) Генеральной Ассамблеи ООН от 16.12.1966), в ст. 2 Конвенции о стандартах демократических выборов, избирательных прав и свобод в государствах – участниках Содружества Независимых Государств (заключена в г. Кишиневе 07.10.2002).

Из содержания данного принципа вытекает, что граждане РФ, достигнув установленного в законе возраста, могут реализовать свои избирательные права – активное избирательное право (право избирать), пассивное избирательное право (право быть избранным) и право отзыва депутатов в связи с утратой доверия избирателей, вне зависимости от национальности, расы, пола, отношения к религии и убеждений, социального положений, занимаемой должности.

Ограничение избирательных прав граждан недопустимо, за исключением случаев, указанных непосредственно в Конституции РФ и только на основании федеральных законов. Конституцией предусмотрено, что избирательного права лишаются лица, признанные судом недееспособными, а также граждане, находящиеся в местах лишения свободы по приговору суда (ч. 3 ст. 32 Конституции РФ).

Избирательные права граждан, как следует из Постановления Конституционного Суда РФ от 10.10.2013 № 20-П, являются структурным элементом конституционно-правового статуса личности в Российской Федерации. В соответствии с конституционным законодательством сотрудники МЧС России, как граждане РФ, обладают равными правами со всеми гражданами. Следовательно, данное субъективное право (право избирать и быть избранным) неотъемлемо и от правового статуса сотрудников МЧС России, к которым относятся граждане, которые взяли на себя обязательства по прохождению службы в федеральной противопожарной службе в должности рядового или начальствующего состава и которому в установленном законодательством порядке присвоено специальное звание рядового или начальствующего состава (ч. 1 ст. 10 ФЗ № 141 от 23.05.2016).

В то же время, сотрудники МЧС России входят в отдельную категорию граждан, наделенных особым правовым статусом, что обусловлено, прежде всего, характером их профессиональной деятельности и той ролью, которую они выполняют в обществе. Конституционно-правовой статус сотрудника МЧС России имеет нормативное закрепление, отображает реальное положение лиц данной категории в российском обществе, характеризуется определенной спецификой, влияющей на все составляющие правового статуса, в том числе, избирательные права.

Как справедливо отмечается в специальной литературе, соотношение права избирать и быть избранным, которое должно находиться в состоянии определенного равновесия, является гарантией обеспечения прав и свобод российских граждан [2].

Законодательная база, регламентирующая вопросы обеспечения и реализации, избирательных прав сотрудников МЧС России и избирательных прав иных граждан России, не имеет существенных отличий.

Основными нормативными правовыми актами, регулирующими избирательные права сотрудников МЧС России, являются Федеральный конституционный закон «О референдуме Российской Федерации», Федеральный закон «Об основных гарантиях избирательных прав и права на участие в референдуме граждан Российской Федерации» (далее – закон об основных гарантиях избирательных прав граждан), Федеральный закон «О выборах Президента Российской Федерации», Федеральный закон «О выборах депутатов Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации», Федеральный закон «Об обеспечении конституционных прав граждан избирать и быть избранными в органы местного самоуправления». Избирательные права сотрудников пожарной охраны определяются также законодательством о пожарной безопасности, о службе в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы (далее – закон о службе в ФПС) и др.

Кроме того, вопросы обеспечения и реализации избирательных прав сотрудников МЧС России регулируются указом Президента РФ «Об обеспечении избирательных прав военнослужащих, сотрудников органов внутренних дел Российской Федерации, Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, органов по контролю за оборотом наркотических средств и психотропных веществ и работников органов прокуратуры Российской Федерации» (далее – указ об обеспечении избирательных прав военнослужащих и приравненных к ним лиц).

Наконец, Центральная избирательная комиссия РФ (далее – ЦИК) разработала и утвердила своим постановлением «Методические рекомендации по реализации избирательных прав военнослужащих и сотрудников правоохранительных органов при проведении выборов Президента Российской Федерации» (далее – методические рекомендации). К сотрудникам правоохранительных органов относятся и сотрудники МЧС России. В указанных рекомендациях содержится запрет на ограничение активного и пассивного избирательного права сотрудников МЧС России по мотивам, связанным с характером, условиями, продолжительностью, местом их службы или местом пребывания, а также местом жительства до поступления на службу и другим мотивам, за исключением ограничений, предусмотренных Конституцией Российской Федерации и федеральными законами.

В отличие от военнослужащих, у которых право избирать и быть избранным может быть ограничено, сотрудники МЧС реализуют избирательные права в полном объеме. Так, например, в законодательстве о гарантиях избирательных прав граждан имеются нормы, которые ограничивают права лиц со статусом военнослужащих по призыву на выборах муниципального уровня [3]. Военнослужащие по призыву не включаются в списки избирателей или участников референдума, если до призыва не проживали на территории соответствующего муниципалитета.

Важно отметить, что механизм обеспечения избирательных прав сотрудников МЧС России имеет свои особенности, поскольку, являясь государственными служащими, они выполняют ряд специфических задач и функций в области пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций межрегионального и федерального характера, спасения людей при возникших чрезвычайных ситуациях, что не всегда позволяет им реализовать свои политические права в полном объеме в рамках общего порядка осуществления избирательного процесса.

Рассмотрим особенности обеспечения избирательных прав сотрудников федеральной противопожарной службы ГПС МЧС России на примере выборов Президента РФ.

Сотрудники МЧС России имеют право избирать и быть избранными Президентом РФ, как и другие граждане России. Для этого они должны соответствовать критериям, предъявляемым к кандидатам в Президенты (возрастной ценз, ценз оседлости, дееспособность, гражданство). Участие в выборах осуществляется на общих основаниях.

В целях реализации прав избирателей, участников референдума соответствующими избирательными комиссиями составляются списки избирателей, участников референдума на основании сведений, полученных с использованием государственной системы регистрации (учета) избирателей, участников референдума. Основанием для включения гражданина Российской Федерации в список избирателей, участников референдума на конкретном избирательном участке является факт нахождения его места жительства на территории этого участка, либо в установленных случаях факт временного пребывания гражданина на территории этого участка (при наличии у гражданина активного избирательного права, права на участие в референдуме). Сотрудники МЧС России включаются в списки избирателей по месту

жительства и голосуют на общих избирательных участках. Что касается курсантов и слушателей образовательных организаций МЧС России, то они, являясь обучающимися по очной форме обучения и зарегистрированными по месту пребывания в общежитии образовательной организации, включаются в список избирателей по месту расположения общежития либо образовательной организации.

В практике имеют место случаи, когда сотрудник МЧС России не может реализовать свое избирательное право по месту жительства вследствие нахождения за границей РФ. Законодатель урегулировал данную проблему, закрепив положение, что сотрудники МЧС России включаются в список избирателей на избирательном участке, который образуется за пределами территории Российской Федерации, в следующих случаях:

1) они включены в состав миротворческих миссий за пределами Российской Федерации (здесь речь идет о спасательных и гуманитарных операциях за рубежом);

2) они проживают за пределами Российской Федерации;

3) они находятся в иной длительной заграничной командировке.

Основанием включения в список избирателей является письменное заявление, которое подается в соответствующую участковую избирательную комиссию не позднее дня, предшествующего дню голосования, или устное обращение, поданное в день голосования.

Сотрудники МЧС России могут быть назначены уполномоченными политической партии. Для этого им необходимо представить письменное заявление о согласии, однако они не вправе использовать преимущества своего должностного или служебного положения. Кандидат вправе назначить до 600 доверенных лиц. Политическая партия, выдвинувшая кандидата, вправе назначить до 100 доверенных лиц. Сотрудники МЧС России могут стать доверенными лицами в случае их освобождения от служебных обязанностей на период исполнения полномочий в качестве доверителя. Регистрация доверенного лица осуществляется при условии, что в ЦИК поступит копия приказа об освобождении от служебных обязанностей. На этот период доверенному лицу предоставляется по его просьбе отпуск за свой счет без сохранения денежного довольствия. Кроме того, доверенное лицо, представляя интересы кандидата, может осуществлять агитационную деятельность.

Сотрудникам МЧС России, которые не зарегистрированы в качестве кандидата или доверенного лица, запрещается проводить предвыборную агитацию, выпускать и распространять любые агитационные материалы, находясь на службе.

Законодательством установлены гарантии для тех сотрудников, которые по уважительным причинам не могут проголосовать по месту жительства. В июне 2017 года в законодательство о выборах были внесены изменения, касающиеся отмены открепительных удостоверений. В соответствии с указанными изменениями гражданин РФ, в том числе, сотрудник МЧС России, находящийся вне места своего места жительства, может подать заявление о включении в список избирателей не ранее чем за 45 дней до дня голосования и до 14.00 часов по местному времени дня, предшествующего дню голосованию. Заявление должно быть подано лично по предъявлению паспорта через многофункциональный центр предоставления государственных и муниципальных услуг.

В случае если сотрудники МЧС России не могут сами обратиться в указанный орган, то они могут составить нотариально удостоверенную доверенность на представителя – сотрудника федеральной противопожарной службы.

В методических рекомендациях по реализации избирательных прав военнослужащих и сотрудников правоохранительных органов при проведении выборов Президента Российской Федерации указаны субъекты, которые в исключительных случаях правомочны удостоверить доверенность. К ним отнесены:

- 1) администрация стационарного лечебно-профилактического учреждения, где находятся сотрудники МЧС России по болезни;
- 2) администрация учреждения, где содержатся под стражей подозреваемые или обвиняемые в совершении преступлений сотрудники пожарной охраны;
- 3) руководитель организации МЧС России.

В соответствии с нормами действующего законодательства избирательные комиссии субъектов РФ правомочны разрешить досрочное голосование с соблюдением требований закона, которое может быть проведено за 15 и менее дней до дня голосования для лиц, находящихся в труднодоступных или отдаленных местностях. Данное положение применимо и к сотрудникам МЧС России, находящимся в день голосования в связи с

выполнением профессиональных задач в труднодоступных или отдаленных местностях, в зонах ЧС.

Процедура выборов, в которых участвуют сотрудники федеральной противопожарной службы ГПС МЧС России, не имеет отличий от общеустановленной. Пунктом 9 ст. 69 ФЗ «О выборах Президента Российской Федерации» устанавливается, что каждый избиратель голосует лично, не допускается присутствие в кабине для голосования посторонних, кроме случаев, установленных в п. 10 той же статьи. Пункт же 10 ст. 69 гласит, что помощь допускается лишь в случаях, когда избиратель не может самостоятельно расписаться в получении избирательного бюллетеня либо заполнить его. Аналогичные положения содержатся в ст. 75 Федерального закона «О выборах депутатов Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации».

Придавая значимость соблюдению и обеспечению избирательных прав граждан, законодатель разработал механизм их защиты. Так, в случае нарушения избирательных прав сотрудников МЧС России избирательными комиссиями и их должностными лицами, сотрудники пожарной охраны могут обжаловать их действия в вышестоящей избирательной комиссии или суде. В суде могут быть также обжалованы решения и действия (бездействия) государственных и местных органов власти, общественных объединений и должностных лиц, если они нарушают избирательные права сотрудников МЧС России. Функция устранения препятствий для реализации избирательных прав осуществляется, прежде всего, судами общей юрисдикции.

Определяя способы и формы судебной защиты нарушенного права, как указывается в Постановлении Конституционного Суда РФ от 15 января 2002 г. № 1-П, закон должен гарантировать охрану как активного, так и пассивного избирательного права, а также ответственность избирательных комиссий за неправомерные действия, препятствующие надлежащему осуществлению названных прав.

Если избирательные права сотрудников МЧС России нарушаются, то виновные лица могут быть привлечены к уголовной и административной ответственности.

Уголовная ответственность за преступления в сфере обеспечения избирательных прав граждан установлена четырьмя статьями из главы 19 Уголовного кодекса РФ. К преступлениям в указанной сфере относятся: создание препятст-

вий для осуществления избирательных прав или работы избирательной комиссии, нарушение порядка финансирования избирательной кампании, фальсификация избирательных документов и итогов голосования. Так, например принуждение сотрудников МЧС России участвовать или не участвовать в выборах Президента Российской Федерации, препятствие свободному волеизъявлению граждан влечет ответственность по статье 141 УК РФ [7].

Административная ответственность за нарушения избирательных прав граждан предусмотрена главой 5 Кодекса РФ об административных правонарушениях. К правонарушениям в указанной области относятся: правонарушения, связанные с осуществлением деятельности избирательных комиссий, правил финансирования избирательной кампании, предвыборной агитации и прав граждан на получение информации о выборах и референдуме, правил голосования и установления результатов выборов и референдума и др.

Необходимо отметить, что сотрудники МЧС России, зарегистрированные в качестве кандидатов в депутаты федеральных, региональных и местных законодательных органов власти, на должности глав регионов или муниципалитетов, имеют право на отпуск за свой счет до оглашения результатов выборов. Служба сотрудников МЧС России приостанавливается со дня избрания на срок их полномочий. Денежное довольствие и другие выплаты им не производятся. Личные дела сотрудников МЧС России хранятся в кадровых подразделениях. Сотрудники пожарной охраны имеют право на увольнение в соответствии с действующим законодательством.

В практике имеют место случаи оспаривания возможности приостановления службы сотрудника МЧС России в связи с выборами депутатом в представительные органы муниципального образования и осуществлением полномочий в качестве депутатов вышеуказанных органов на непостоянной основе. Данный вопрос стал предметом обсуждения Конституционного суда РФ в связи с жалобой гражданина Попова С.М. Как следует из материалов дела, Попов С.М., являясь преподавателем в учебном центре МЧС России, избрался депутатом в законодательный орган одного из сельских поселений Гатчинского муниципального района. Заявитель подал рапорт на приостановление службы в МЧС России. Главное управление МЧС России по г. Санкт-Петербургу отказало в приостановлении службы, так как посчитало, что занятие выборной должности предполагает исполнение своих полномочий на постоянной и оплачиваемой основе. Свои доводы представители МЧС России основывали на нормах Указа

Президента об обеспечении избирательных прав военнослужащих и приравненных к ним лиц, не учитывая положения ст. 17 Федерального закона от 27.07.2004 № 79-ФЗ «О государственной гражданской службе Российской Федерации», содержащие запрет на совмещение выборной должности в органе местного самоуправления и должности гражданской службы.

При рассмотрении жалобы Конституционный Суд пришел к выводу о нарушении Поповым С.М. норм законодательства о государственной и муниципальной службе, которые запрещают совмещать должность государственного служащего и выборную должность в органе местной власти (включая депутата законодательного органа местного самоуправления), в том числе, если выборная должность не может быть замещена на постоянной и оплачиваемой основе (Определение Конституционного Суда РФ от 04.10.2011 № 1309-О-О).

Нарушение требований закона в данном случае обусловлено не в последнюю очередь тем, что п. б ст. 17 ФЗ от 27.07.2004 № 79-ФЗ содержит не конкретизированное положение о запрете на совмещение должности государственной службы и выборной должности в органе местного самоуправления (постоянная или непостоянная основа), что дает основания для произвольного ее толкования. Следует также обратить внимание, что в Приказе Министра обороны РФ от 1 августа 1997 г. № 310 «Об обеспечении избирательных прав военнослужащих Вооруженных Сил Российской Федерации» в качестве основания для приостановления службы военнослужащих ВС РФ указывается избрание на выборную должность, занятие которой предполагает осуществление полномочий именно на постоянной и оплачиваемой основе. На наш взгляд, данная норма (ст. 17 ФЗ № 79-ФЗ) требует соответствующей корректировки. Кроме того, необходимо внесение изменений, касающихся оснований приостановления службы, в федеральное законодательство [5], регламентирующее вопросы приостановления службы в государственных и муниципальных органах власти.

По нашему мнению, необходимо внести изменения и в указ об обеспечении избирательных прав военнослужащих и приравненных к ним лиц, в том числе, сотрудников МЧС России, и дополнить пункт 2 текстом следующего содержания:

«Указанные лица имеют право обратиться к руководителям федеральных органов исполнительной власти, в которых федеральным законом предусмотрена военная либо служба, командованию воинских частей, руководителям соответствующих подразделений, в которых предусмотрена служба, по поводу

приостановления военной службы (службы) до дня избрания на срок их полномочий. В случае обращения указанных лиц после дня избрания на срок их полномочий, военная служба (служба) прекращается в соответствии с федеральным законодательством».

Законом о службе в ФПС определены следующие основания приостановления службы в случае избрания сотрудника МЧС России: на государственную должность РФ, членом Совета Федерации, депутатом Государственной Думы, законодательных региональных и местных органов власти, главой администрации муниципального образования. Законодательством предусмотрен срок приостановления службы — до дня прекращения указанными лицами своих полномочий. Как правило, руководитель организации МЧС России издает приказ о приостановлении службы. Сотрудники МЧС России зачисляются в распоряжение организации МЧС России, если они решили продолжить контракт после окончания приостановления службы. Им может быть предложена должность, занимаемая сотрудниками МЧС России до приостановления службы или равнозначная должность. Законодательством установлен месячный срок для принятия решения о продолжении или прекращении службы, причем сотрудники МЧС России должны уведомить руководителя организации МЧС России в письменной форме.

Следует отметить, что федеральные законы «Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации» и «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» не содержат положений о приостановлении службы сотрудниками МЧС России [6]. По нашему мнению, для унификации законодательства о принципах организации региональных и местных органов власти необходимо внести соответствующие изменения в вышеуказанные федеральные законы.

Анализируя особенности правового статуса сотрудника МЧС России в контексте проблем обеспечения избирательного процесса, следует обратиться и к вопросам обеспечения взаимодействия избирательных комиссий с руководителями подразделений пожарной охраны.

В соответствии с требованиями законодательства, регламентирующего вопросы выборов, руководители указанных подразделений оказывают содействие избирательным комиссиям в реализации их полномочий. Согласно поло-

жениям закона об основных гарантиях избирательных прав граждан органы государственной власти, в том числе МЧС России, обязаны бесплатно предоставлять необходимые помещения для хранения документации, касающейся выборов и референдума, обеспечивать охрану предоставляемых помещений и указанной документации, а также предоставлять бесплатно транспортные средства, средства связи, техническое оборудование.

В 2009 году между ЦИК и МЧС России было заключено соглашение о порядке взаимодействия во время проведения выборов и референдума. В соответствии с нормами указанного положения ЦИК предоставляет информацию МЧС России о проведении избирательных кампаний, списки и адреса избирательных участков, телефоны избирательных комиссий (в том числе, находящихся в труднодоступных и отдаленных местностях). Территориальные подразделения МЧС России, в свою очередь, осуществляют проверки соблюдения требований пожарной безопасности в местах проведения выборов и референдума, а также вместе с региональными и местными органами власти принимают необходимые меры по соблюдению собственниками зданий, в которых проводится голосование, пожарной безопасности. Кроме того, избирательные комиссии, МЧС России и его территориальные органы обеспечивают взаимодействие по вопросам обеспечения избирательных прав военнослужащих, сотрудников МЧС России, членов их семей, а также работников.

Так, 18 сентября 2016 года во время проведения выборов депутатов Государственной Думы для обеспечения безопасности объектов, задействованных в избирательном процессе, принимало участие более 71 тыс. военнослужащих, спасателей, сотрудников и работников пожарной охраны. В Единый день голосования ими была обеспечена безопасность около 80 тысяч зданий и сооружений, на их вооружении находилось 13 тыс. единиц пожарной и аварийно-спасательной техники.

10 сентября 2017 года во время проведения выборов в субъектах РФ около 43 тыс. сотрудников МЧС России принимали участие в обеспечении безопасности на избирательных участках. В Единый день голосования было задействовано 9,5 тыс. пожарной и аварийно-спасательной техники. Причем применялась авиация МЧС России и высокопроходимая техника в труднодоступной местности.

Во время проведения выборов на избирательных участках устанавливается административно-правовой режим, который является комплексом общественных отношений, формирующихся в процессе проведения избирательной кампании, закрепленный юридическими нормами и обеспеченный различными организационными, техническими, информационными и другими средствами [4]. За нарушение законодательства в сфере пожарной безопасности в период проведения выборов установлена административная и уголовная ответственность. В компетенцию должностных лиц органов государственного пожарного надзора (далее — ГПН) входит составление протоколов об административных правонарушениях, связанных с нарушениями требований пожарной безопасности, рассмотрение дел об указанных административных правонарушениях и принятие мер по предотвращению таких нарушений. Так, инспектор ГПН вправе рассматривать дела об административных правонарушениях, связанные:

- 1) с курением на отдельных территориях;
- 2) с нарушением размещения знаков о запрете курения и законодательства в области защиты здоровья граждан от табакокурения;
- 3) с нарушением требований пожарной безопасности и др.

Если в действиях граждан содержится состав преступлений по делам о пожарах, то инспектора ГПН вправе провести проверку и передать материалы проверки по подследственности. Данные действия проводятся в случае нарушения требований пожарной безопасности, повлекшего тяжкий вред здоровью или гибель человека, поджога, неосторожного обращения с огнем и т. д.

Итак, на основе анализа законодательства в системе избирательных прав сотрудников МЧС России можно выделить следующие особенности:

- 1) в период проведения выборов сотрудники МЧС России могут реализовывать свои политические права в полном объеме (избираться и быть избранными в государственные и местные органы власти, во внеслужебное время собираться мирно, без оружия, проводить собрания, митинги и другие общественные мероприятия);

- 2) в период исполнения служебных обязанностей сотрудники МЧС России должны соблюдать нейтральность и не оказывать предпочтения политическим партиям, общественным и религиозным объединениям, социальным группам, гражданам (т.е. сотрудник не может состоять в политических партиях и оказывать им финансовую поддержку);

3) сотрудники МЧС России вправе подать заявление в МФЦ о включении в список избирателей по месту нахождения, если они не могут принять участие в выборах по месту жительства;

4) курсанты, имеющие специальные звания и проживающие в общежитиях образовательных организаций МЧС России, включаются в списки избирателей по месту нахождения общежития или образовательной организации;

5) сотрудники МЧС России могут быть уполномоченными и доверенными лицами политических партий в случае их освобождения от служебных обязанностей;

6) запрещается участие в сборе подписей руководителей подразделений МЧС России, в полномочия которых входит реализация правоохранительных функций;

7) сотрудникам МЧС России запрещается вносить пожертвования в избирательные фонды кандидатов.

8) сотрудники МЧС России обеспечивают соблюдение пожарной безопасности в зданиях и сооружениях, задействованных в избирательной компании;

9) в случаях совершения правонарушений в сфере пожарной безопасности должностные лица ГПН могут составлять протоколы об административных правонарушениях, выносить постановления о назначении административных наказаний, проводить дознание по делам о пожарах;

10) сотрудники МЧС России оказывают содействие избирательным комиссиям в перевозке и хранении документации, транспорте, средствах связи и т. д.

Таким образом, сотрудник МЧС России, обладающий высоким уровнем правовой культуры, может всецело использовать и реализовывать свои избирательные права на всех этапах избирательного процесса. Высокая правовая культура сотрудников ФПС обеспечивает наиболее полную и стабильную реализацию прав и свобод личности, их правовую охрану и защиту, служит показателем уровня и состояния законности в демократическом обществе [11]. В канун выборов Президента РФ, которые состоятся в марте 2018 года, сотрудникам МЧС России особенно важно знать особенности своих избирательных прав, разбираться в постоянно изменяющемся законодательстве о выборах, быть го-

товым в любую минуту прийти на помощь пострадавшим, в том числе, в период проведения избирательной кампании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алёхина И. С.* Особенности реализации принципа всеобщности избирательного права и обеспечение массовости политического участия граждан: зарубежный опыт // Управленческое консультирование. 2015. № 10 (82). С. 21–31.

2. *Выдрин И. В.* Избирательное право Российской Федерации. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Норма: ИНФРА-М, 2011. 240 с. (Краткие учебные курсы юридических наук).

3. *Дмитриева О. С.* Ограничения избирательных прав военнослужащих // Современные проблемы правотворчества и правоприменения: материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, 24 марта 2017 г. Иркутск: Иркутский институт (филиал) ВГУЮ (РПА Минюста России). Иркутск, 2017. С. 55.

4. *Елагин А. Г., Чистобородов И. Г.* Административно-правовой режим избирательной кампании: безопасность граждан, административная ответственность. М., 2015. 288 с.

5. Правовые механизмы имплементации антикоррупционных конвенций: монография / Т. Я. Хабриева [и др.]; отв. ред. О. И. Тиунов. «Институт законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве РФ», 2013. Справочная правовая система «ГАРАНТ».

6. *Барсуков С. И., Борисов А. Н.* Комментарий к Федеральному закону от 23 мая 2016 г. № 141-ФЗ «О службе в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (постатейный). «Деловой двор», 2017. Справочная правовая система «ГАРАНТ».

7. *Командирова Т. Г., Кузнецова О. В., Немчинов А. Л.* Комментарий к Федеральному закону от 10 января 2003 г. № 19-ФЗ «О выборах Президента Российской Федерации», 2013 г. Справочная правовая система «ГАРАНТ».

8. *Козлова Е. И., Кутафин О. Е.* Конституционное право России: учебник. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Проспект, 2009. 608 с.

9. *Колюшин Е. И.* Выборы и избирательное право в зеркале судебных решений: монография. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Норма: ИНФРА-М, 2012. 84 с.

10. *Колюшин Е. И.* Конституционное право России. Курс лекций. М.: Городец, 2006. 415 с.

11. *Коваль С. П., Цветков М. Ю.* Формирование правовой культуры сотрудника ГПС МЧС РФ в контексте соблюдения Конституции // Научный поиск. 2015. № 1.3.

12. *Казанцева А. П.* Конституционно-правовые гарантии и защита избирательных прав российских граждан // Отечественная юриспруденция. 2017. № 10 (24). С. 5–8.

Tsvetkov Mikhail Yuryevich

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: mixail.czvetkov.1974@mail.ru

Pustovalova Irina Nikolaevna

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: pustovalovai@mail.ru

Features of the electoral rights of employees of EMERCOM of Russia

Abstract: this article describes a system of electoral rights of employees of EMERCOM of Russia. The author analyzes the normative legal framework governing the electoral rights of employees of fire protection. Attention is drawn to features of the electoral rights of members of the Federal fire service. The ratio is conducted between the electoral rights of the citizens, servicemen and employees of EMERCOM of Russia.

Keywords: election law; the employee of EMERCOM of Russia; Federal fire service; elections; referendum; election process; the election Commission; list of voters; candidate; the Deputy.

REFERENCES

1. *Aljohina I. S.* Osobennosti realizacii principa vseobshhnosti izbiratel'nogo prava i obespechenie massovosti politicheskogo uchastija grazhdan: zarubezhnyj opyt //Upravlencheskoe konsul'tirovanie. 2015. № 10 (82). S. 21–31.
2. *Vydrin I. V.* Izbiratel'noe pravo Rossijskoj Federacii. 4-e izd., pereab. i dop. M.: Norma: INFRA-M, 2011. 240 s. (Kratkie uchebnye kursy juridicheskikh nauk).
3. *Dmitrieva O. S.* Ogranichenija izbiratel'nyh prav voennosluzhashhih // Sovremennye problemy pravotvorchestva i pravoprinenenija: materialy Vserossijskoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 24 marta 2017 g. Irkutsk: Irkutskij institut (filial) VGUJu (RPA Minjusta Rossii). Irkutsk, 2017. S. 55.
4. *Elagin A. G., Chistoborodov I. G.* Administrativno-pravovoj rezhim izbiratel'noj kampanii: bezopasnost' grazhdan, administrativnaja otvetstvennost'. M., 2015. 288 s.

5. Pravovye mehanizmy implementacii antikorrupcionnyh konvencij: monografija / T. Ja. Habrieva [i dr.]; otv. red. O. I. Tiunov. «Institut zakonodatel'stva i sravnitel'nogo pravovedenija pri Pravitel'stve RF», 2013. Spravochnaja pravovaja sistema «GARANT».

6. Barsukov S. I., Borisov A. N. Kommentarij k Federal'nomu zakonu ot 23 maja 2016 g. № 141-FZ «O sluzhbe v federal'noj protivopozharnoj sluzhbe Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby i vnesenii izmenenij v otдел'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii» (postatejnyj). «Delovoj dvor», 2017. Spravochnaja pravovaja sistema «GARANT».

7. Komandirova T. G., Kuznecova O. V., Nemchaninov A. L. Kommentarij k Federal'nomu zakonu ot 10 janvarja 2003 g. № 19-FZ «O vyborah Prezidenta Rossijskoj Federacii», 2013 g. Spravochnaja pravovaja sistema «GARANT».

8. Kozlova E. I., Kutafin O. E. Konstitucionnoe pravo Rossii: uchebnik. 4-e izd., pererab. i dop. M.: Prospekt, 2009. 608 s.

9. Koljushin E. I. Vybory i izbiratel'noe pravo v zerkale sudebnyh reshenij: monografija. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Norma: INFRA-M, 2012. 84 s.

10. Koljushin E. I. Konstitucionnoe pravo Rossii. Kurs lekcij. M.: Gorodec, 2006. 415 s.

11. Koval' S. P., Cvetkov M. Ju. Formirovanie pravovoj kultury sotrudnika GPS MChS RF v kontekste sobljudenija Konstitucii // Nauchnyj poisk. 2015. № 1.3.

12. Kazanceva A. P. Konstitucionno-pravovye garantii i zashhita izbiratel'nyh prav rossijskih grazhdan // Otechestvennaja jurisprudencija. 2017. № 10 (24). S. 5–8.

Рецензент: доцент, кандидат исторических наук, доцент К. С. Максимов (ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»)

НАУЧНЫЙ ДЕБЮТ (статьи членов научного общества обучающихся)

УДК 614.84

Таратанов Николай Александрович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново
Старший преподаватель
Кандидат химических наук
E-mail: taratanov_n@mail.ru

Богданов Илья Андреевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Иваново
Курсант
E-mail: ilja-bogdanov19@rambler.ru

Получение добавок к ПАВ, обеспечивающих снижение времени тушения

Аннотация. Несмотря на многообразие существующих отечественных и зарубежных огнетушащих средств, остается актуальным вопрос создания и последующего внедрения принципиально новых огнетушащих веществ, которые способны не только эффективно ликвидировать горение, но и защитить организм человека от воздействия опасных факторов пожара. Поэтому разработка комбинированного огнетушащего состава, механизм прекращения горения которого включает комбинацию нескольких огнетушащих эффектов, например охлаждение, разбавление и изоляция, создаваемых за счет компонентов, содержащихся в рецептуре, является актуальным.

В результате использования комбинированных огнетушащих средств повышается эффективность ликвидации горения без влияния на качество предметов тушения, а также сокращается расход огнетушащего состава.

В работе проведено систематическое исследование в качестве добавок наночастиц оксидов цинка, алюминия и кремния, направленное на разработку добавки к рабочим составам пенообразователей с возможностью сокращения

времени тушения. Из многообразия наночастиц, основываясь на их свойствах, подобраны наиболее подходящие в качестве добавок к поверхностно-активным веществам (далее – ПАВ). Из проведенных исследований следует, что наиболее выгодной добавкой (в плане способа получения и исследуемых свойств) является наноразмерный диоксид кремния.

Ключевые слова: наночастицы, поверхностно-активные вещества, огнетушащие средства, устойчивость пен, время тушения.

Для применения наночастиц оксида цинка, алюминия и кремния в различных областях возникает необходимость получения наночастиц различных размеров и форм. Несмотря на то, что опубликовано большое количество работ по методам получения наночастиц данных оксидов [1–5], многие из этих методов требуют дальнейшего усовершенствования с целью улучшения свойств конечного продукта. В данной работе отдано предпочтение жидкофазным методам, а именно методам осаждения. Следует также сказать, что получение наночастиц оксидов цинка, алюминия и кремния методом осаждения не требует варьирования условий синтеза (использования ПАВ и термической обработки). Подобранные методики синтеза наночастиц не требуют дополнительного оборудования и дополнительных энергетических затрат, что обеспечивает относительно низкую себестоимость конечного продукта.

Однако наночастицы оксидов цинка, алюминия и кремния не были изучены в плане практического применения в составе средств пожаротушения [6]. Исходя из теоретических соображений и имеющегося экспериментального задела, можно ожидать, что введение наночастиц оксидов цинка, алюминия и кремния в огнетушащий состав улучшит его свойства.

Получение добавок

Синтез наноразмерного оксида цинка

Синтез оксида цинка проводили без использования ПАВ и дополнительных стабилизирующих добавок. Для этого нитрат цинка растворяли в дистиллированной воде и затем по каплям добавляли к водному раствору карбоната натрия при комнатной температуре и постоянном перемешивании. Через определенное время выпадал осадок белого цвета, который затем центрифугировали

при скорости 6000 об/мин в течение 5 мин и несколько раз промывали дистиллированной водой и спиртом. Полученный осадок сушили в сушильном шкафу.

Средний размер наночастиц, получаемых данными способами, составил 20 ± 5 нм. Результаты рентгенофазового анализа (далее – РФА) показали, что все рефлексы соответствуют рефлексам оксида цинка. После сопоставления пиков с базой данных JCPDS оказалось, что структура наночастиц соответствует структуре стандартного поликристаллического ZnO.

Синтез наноразмерного оксида алюминия

В качестве источника алюминия использовали девятиводный нитрат алюминия $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$. Для получения растворов использовали деионизованную воду, качество которой соответствовало ГОСТ 6709-72. Соль растворяли в воде при перемешивании и подогреве на магнитной мешалке. В качестве образователей и стабилизаторов зольей были использованы моноэтаноламин, N,N-диметилоктиламин, гексаметилентетрамин. Величину pH реакционной смеси в ходе синтеза контролировали с помощью pH-метра.

Средний размер частиц оксида алюминия в стабилизированном золе составил не более 50 нм.

Синтез наноразмерного диоксида кремния

В результате проведенного литературного обзора и собственных исследований была разработана методика золь-гель синтеза образцов кремнезема, максимально соответствующих предъявляемым требованиям.

Модификация поверхности наноразмерного диоксида кремния осуществлялась за счет темплатного синтеза, в частности использования органических молекул мочевины и сахарозы для организации вокруг них структуры из неорганического каркаса. В реакционном сосуде растворяли тетраэтоксисилан (ТЭОС) в растворе этанола и темплата. В реакционную смесь добавляли воду, в молярном соотношении ТЭОС: вода = 1 : 3. В качестве катализатора использовали диэтиламин или водный раствор аммиака, который вводился порциями при постоянном перемешивании. Далее, полученную суспензию трижды промывали дистиллированной водой, для удаления непрореагировавших исходных реагентов и катализатора и центрифугировали при различных скоростях.

Характерный размер полученных частиц $(\text{SiO}_2)_n$ в водных средах составлял от 75 до 90 нм. Результаты РФА синтезированных частиц не имеет четких пиков, что подтверждает аморфную, не кристаллическую природу синтезированного кремнезема.

Исследование взаимодействия добавок с водой

Исследования взаимодействия синтезируемых частиц оксидов цинка, алюминия и кремния с водой показали, что частицы оксидов алюминия и цинка не стабильны в воде и начинают оседать уже через несколько часов. Это обусловлено с малым количеством ОН-групп или их отсутствием после прокаливания на поверхности данных оксидов. Наиболее устойчивы в воде наночастицы диоксида кремния. Седиментационная устойчивость частиц оксида кремния составила более двух недель, что является одним из необходимых условий для использования наночастиц в качестве добавки к ПАВ и сорбентам нефтепродуктов с водных поверхностей.

Для количественной оценки характера взаимодействия синтезированных наночастиц с водой использовали результаты термогравиметрического анализа. В качестве теоретической базы термогравиметрического исследования взята функциональная зависимость скорости испарения и давления насыщенного пара растворителя, чувствительного к различиям в состоянии испаряемых молекул [7–9].

Исследование огнетушащей способности

Исследования огнетушащей способности на установке для определения кратности и устойчивости пены средней кратности в лабораторных условиях по ГОСТ Р 50588-2012 (рисунок).

Для этого были приготовлены растворы [10–13] следующего состава: 1. 6% раствор ПО-6ТС; 2. 6% раствор ПО-6ТС с наноразмерным диоксидом кремния (0,2 гр на 1000 мл раствора ПО-6ТС); 3. 6% раствор ПО-6ТС с добавлением наноразмерного диоксида кремния (модифицированной поверхностью).

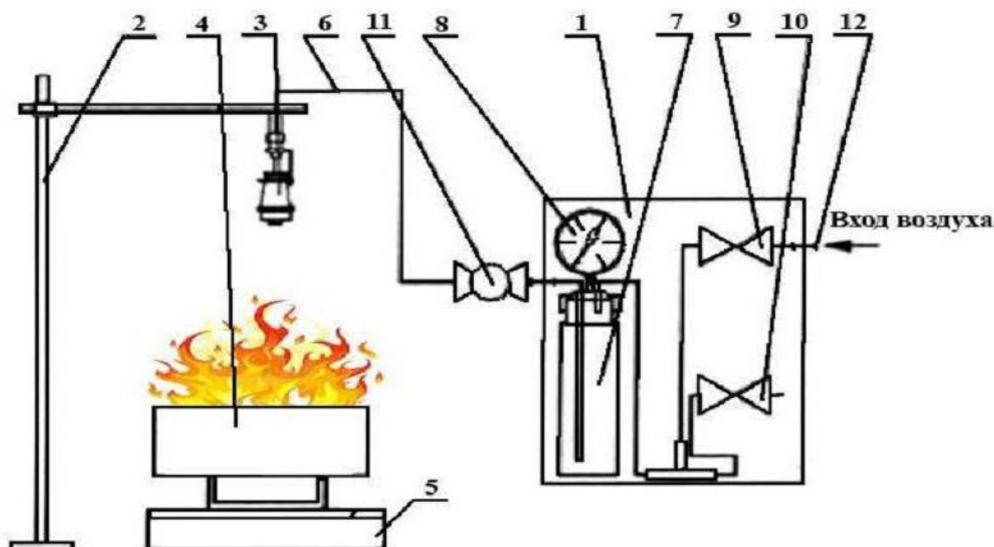


Рисунок. Схема установки определения огнетушащей способности:

- 1 – панель управления; 2 – стойка со штангой; 3 – лабораторный генератор пены средней кратности; 4 – емкость для модельного очага и сбора пены; 5 – электронные весы; 6 – трубка соединительная; 7 – емкость для раствора пенообразователя; 8 – манометр; 9 – клапан подачи воздуха; 10 – клапан сбора воздуха; 11 – шаровой кран; 12 – штуцер подвода воздуха

Результаты исследования показали, что наибольший практический интерес может иметь рабочий раствор пенообразователя с добавлением с добавлением наноразмерного диоксида кремния (модифицированной поверхностью), где на поверхности раствора наблюдалась более стабильная пена, со снижением времени тушения на 50% (таблица).

Таблица. Результаты исследований огнетушащей способности

№ п/п	Состав огнетушащего средства	Время тушения модельного очага, сек
1.	6% раствор ПО-6ТС	6
2.	6% раствор ПО-6ТС с наноразмерным диоксидом кремния	3,8
3.	6% раствор ПО-6ТС с добавлением наноразмерного диоксида кремния (модифицированной поверхностью)	2,86

Заключение

Впервые проведено систематическое исследование наночастиц оксидов цинка, алюминия и кремния, направленное на разработку добавки к рабочим составам пенообразователей с возможностью сокращения времени тушения.

В работе из многообразия наночастиц, основываясь на их свойства, подобраны наиболее подходящие в качестве добавок к ПАВ. Из проведенных исследований следует, что наиболее выгодной добавкой (в плане способа получения и исследуемых свойств) является наноразмерный диоксид кремния, обеспечивающий снижение времени тушения на 50%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Jitianu M.* Zinc oxide colloids with controlled size, shape, and structure/ M. Jitianu, D.V. Goia // *Journal of Colloid and Interface Science*. 2007. V.309. P. 78–85.
2. *Zu Y.* A study on preparation of nanometer-sized zinc oxide via precipitation method / Y.Zu, X.E. Li, A. Fan, C.F. Liu // *Journal of Northwest University (Natural Science Edition)*. 2011. V.31. N.3. P. 232–234.
3. *Yazdanmehr M.* Electronic structure and bandgap of γ -Al₂O₃ compound using mBJ exchange potential / M. Yazdanmehr, S.J. Asadabadi, A.N. Majid Ghasemzadeh, M. Rezvanian // *Nanoscale research letters*, 7, (2012) 488.
4. Модифицированные композиты системы Al₂O₃ – (Ce-TZP) как материалы медицинского назначения / Л. И. Подзорова [и др.] // *Перспективные Материалы*. 2016. № 1. С. 32–38.
5. *Stober W., Fink A., Bohn E.* Controlled growth of monodisperse silica spheres in the micron size range // *Journal of Colloid and Interface Sciences*. 1968. Vol. 26. P. 62–69.
6. *Лобанов Ф. И.* Применение полимерных добавок для повышения эффективности пожаротушения // *Экос*. 2005. № 3. С. 36.
7. Суворов А. В. Термодинамическая химия парообразного состояния. Л.: Химия, 1970. 208 с.
8. *Гусев В. Е., Полторацкий Г. М.* Дериватографическое исследование сольватации нитрата третбутиламмония // *Проблемы сольватации и комплексообразования*. Иваново, 1978. С. 81–86.
9. *Дельмон Б.* Кинетика гетерогенных реакций. М.: Мир, 1972. 554 с.
10. *Шароварников А. Ф.* Противопожарные пены. Состав, свойства, применение. М.: Знак, 2000. 464 с.
11. *Казаков М. В.* Применение поверхностно-активных веществ для тушения пожаров. М., 1977. 77 с.

12. ГОСТ Р 50588-93. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний. Введён 01-07-1994. М.: Изд-во стандартов, 1993.

13. ТУ 2481-348-05744685-2009. Пенообразователь ПО-6ТС.

Taratanov Nikolay Aleksandrovich

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: taratanov_n@mail.ru

Bogdanov Ilya Andreevich

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: ilja-bogdanov19@rambler.ru

Obtaining additives to surfactants that reduce the time of quenching

Abstract. Despite the variety of existing domestic and foreign fire extinguishing, the question remains the creation and subsequent introduction of fundamentally new agents which can not only effectively eliminate the burning, but to protect the human organism from influence of dangerous factors of fire. Therefore, the development of a combined fire-extinguishing agents, the mechanism of termination of combustion which includes a combination of several extinguishing effects, such as cooling, dilution and isolation created due to the components contained in the recipe is important.

The use of combined fire extinguishing efficiency is improved elimination of burning, without affecting the quality of the items stewing, as well as reduced consumption of extinguishing agent.

The paper presents a systematic study as additives of nanoparticles of oxides of zinc, aluminum and silicon, aimed at developing a Supplement to the working compositions of the blowing agents with the possibility of reducing the time of quenching. From the variety of nanoparticles based on their properties are most suitable as additives to surface active substances (surfactants). From the conducted research it follows that the best additive (in terms of method of obtaining and investigated properties) is nanoscale silica.

Keywords: nanoparticles, surfactants, fire-extinguishing agent, foam stability, extinguishing the fire.

REFERENCES

1. *Jitianu M.* Zinc oxide colloids with controlled size, shape, and structure/ M. Jitianu, D.V. Goia // *Journal of Colloid and Interface Science*. 2007. V.309. P. 78–85.
2. *Zu Y.* A study on preparation of nanometer-sized zinc oxide via precipitation method / Y.Zu, X.E. Li, A. Fan, C.F. Liu // *Journal of Northwest University (Natural Science Edition)*. 2011. V.31. N.3. P. 232–234.
3. *Yazdanmehr M.* Electronic structure and bandgap of γ -Al₂O₃ compound using mBJ exchange potential / M. Yazdanmehr, S.J. Asadabadi, A.N. Majid Ghasemzadeh, M. Rezvanian // *Nanoscale research letters*, 7, (2012) 488.
4. *Modificirovannye kompozity sistemy Al₂O₃ – (Ce-TZP) kak materialy medicinskogo naznachenija / L. I. Podzorova [i dr.] // Perspektivnye Materialy*. 2016. № 1. S. 32–38.
5. *Stober W., Fink A., Bohn E.* Controlled growth of monodisperse silica spheres in the micron size range // *Journal of Colloid and Interface Sciences*. 1968. Vol. 26. P. 62–69.
6. *Lobanov F. I.* Primenenie polimernyh dobavok dlja povyshenija jeffektivnosti pozharotushenija // *Jekos*. 2005. № 3. S. 36.
7. *Suvorov A. V.* Termodinamicheskaja himija paroobraznogo sostojanija. L.: Himija, 1970. 208 s.
8. *Gusev V. E., Poltorackij G. M.* Derivatograficheskoe issledovanie sol'vatacii nitrata tretbutilammonija // *Problemy sol'vatacii i kompleksobrazovanija*. Ivanovo, 1978. S. 81–86.
9. *Del'mon B.* Kinetika geterogennyh reakcij. M.: Mir, 1972. 554 s.
10. *Sharovarnikov A. F.* Protivopozharnye peny. Sostav, svojstva, primenenie. M.: Znak, 2000. 464 s.
11. *Kazakov M. V.* Primenenie poverhnostno-aktivnyh veshhestv dlja tushenija pozharov. M., 1977. 77 s.
12. GOST R 50588-93. Penoobrazovateli dlja tushenija pozharov. Obshhie tehicheskie trebovanija i metody ispytanij. Vvedjon 01-07-1994. M.: Izd-vo standartov, 1993.
13. TU 2481-348-05744685-2009. Penoobrazovatel' PO-6TS.

Рецензент: профессор, доктор технических наук, старший научный сотрудник А. Л. Никифоров (ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России)