

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (12) – 2019

№ 1 (12) – 2019

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*)

И. Ю. Шарбанова (*заместитель главного редактора, ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново; кандидат медицинских наук, доцент*)

О. В. Потемкина (*ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Иваново; кандидат химических 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, 2019
© ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (12) – 2019

№ 1 (12) – 2019

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 board:

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 **I. Yu. Sharabanova**, candidate of medical 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)

O. V. Potemkina, candidate of chemical sciences (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, 2019

© 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, 2019

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (12) – 2019

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ FIRE AND EMERGENCY SAFETY

- Азовцев А. Г., Сырбу С. А., Михалин В. Н., Песикин А. Н., Бодров М. А., Кириллов М. А.** Моделирование Повторяемости Пожаров На Резервуарах От Самовозгорания Пирофорных Отложений С Помощью Дифференциальной Функции Нормального Распределения..... 5
Azovtsev A. G., Syrbu S. A., Mihalyn V. N., Pesikin A. N., Bodrov M. A., Kirillov M. A. Modeling the repeatability of fires on tanks from self-ignition of pyrophoric deposits by means of a differential function of normal distribution 5
- Бубнов В. Б., Дмитриев И. В., Панфилов А. А.** Разработка методики расчета напорно-расходных характеристик насосов в системах противопожарного водоснабжения 12
Bubnov V. B., Dmitriyev I. V., Panfilov A. A. Development of a method of calculation of pressure head and account characteristics of pumps in the systems of fire-water supply 12
- Ширяев Е. В.** К вопросу пожарной безопасности при предремонтной подготовке на трубопроводах с горючими жидкостями 19
Shiryayev E. V. To the issue of fire safety at pre-training on pipelines with flammable liquids 19

ПОЖАРОТУШЕНИЕ FIREFIGHTING

- Годлевский В. А., Колбашов М. А., Моисеев Ю. Н.** Применение пускозарядных устройств при эксплуатации пожарной и аварийно-спасательной техники..... 26
Godlevskiy V. A., Kolbashov M. A., Moiseev Ju. N. Application of start up and charge sources by exploitation of for fire fighting and rescue technique 26
- Киселев В. В., Кропотова Н. А., Зарубин В. П., Покровский А. А.** Повышение долговечности трансмиссий пожарных автомобилей применением смазочных композиций 34
Kiselev V. V., Kropotova N. A., Zarubin V. P., Pokrovskiy A. A. Increases in durability of transmissions of fire trucks application of lubricant compositions 34
- Сараев И. В., Бубнов А. Г., Моисеев Ю. Н.** Сравнительный анализ методов поддержки управленческих решений по оснащению пожарно-спасательных подразделений МЧС России 40
Sarayev I. V., Bubnov A. G., Moiseev Yu. N. Comparative analysis of methods of supporting management decisions on equipment of fire-rescue divisions of Emercom of Russia 40
- Сорокин А. А., Чистов П. В., Соколов Г. П., Шипилов Р. М.** Развитие скоростно-силовых качеств у курсантов образовательных организаций высшего образования МЧС России с помощью специализированных средств сопротивления 52
Sorokin A. A., Chistov P. V., Sokolov G. P., Shipilov R. M. Development of high-speed power qualities in cursents of educational organizations of higher education of Emercom of Russia by specialized means of resistance 52
- Топоров А. В., Пучков П. В., Иванов В. Е., Кузин С. С.** Разработка способов защиты резьбовых соединений пожарной техники от коррозии 59
Toporov A. V., Puchkov P. V., Ivanov V. E., Kuzin S. S. Development of methods for protection of threaded connections of fire fighting equipment against corrosion 59

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (12) – 2019

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ И ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ SCIENCE AND FIRE SAFETY: PROBLEMS AND PROSPECTS OF RESEARCH

Ефремов А. М., Беляев С. В., Снегирев Д. Г. Плазмохимическая конверсия метана 66
Efremov A. M., Belyaev S. V., Snegirev D. G. Plasma chemical conversion of methane..... 66

Новиков Н. И., Беляев С. В. Исследование распределения плотности теплового потока..... 74
Novikov N. I., Belyaev S. V. Research of density distribution heat flow..... 74

Сорокин Д. В., Роммель И. А., Никифоров А. Л., Циркина О. Г., Ульяева С. Н., Шарнина Л. В. Разработка подходов к определению пожарной опасности текстильных материалов..... 80
Sorokin D. V., Rommel' I. A., Nikiforov A. L., Tsirkina O. G., Ul'yeva S.N., Sharnina L. V. Development of approaches to the determination of fire hazard textile materials..... 80

ГУМАНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЧС РОССИИ THE HUMANITARIAN ASPECTS OF ACTIVITIES OF EMERCOM OF RUSSIA

Лазарев А. А., Кокурин А. К. История изменений строительных требований пожарной безопасности к театрам 90
Lazarev A. A., Kokurin A. K. History of changes in construction requirements fire safety to theaters 90

Чеснокова Л. Н., Мочалова Т. А., Кокурин А. К., Сторонкина О. Е., Лазарев А. А. О методах противопожарной пропаганды, используемых специалистами ГУ МЧС России по Ивановской области 98
Chesnokova L. N., Mochalova T. A., Kokurin A. K., Storonkina O. E., Lazarev A. A. Fire about the methods of propaganda used by the specialists of the Main Department of Emercom of Russia on the Ivanovo region 98

УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ MANAGING SAFETY IN SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEMS

Ледяйкина И. И., Фролова Т. В. Проектное управление в образовательных организациях МЧС России 105
Ledyaykina I. I., Frolova T. V. Project management in educational organizations of Emercom of Russia 105

Сарасеко Е. Г. Воспитание радиологически грамотного поколения – основа будущего..... 111
Saraseko E. G. Instruction of a radiologically literate generation is the basis of the future 111

НАУЧНЫЙ ДЕБЮТ (статьи членов научного общества обучающихся) SCIENTIFIC DEBUT (articles of members of the scientific society of students)

Микушкин О. В., Коноваленко П. Н. Роль добровольной пожарно-спасательной службы в современных социально-экономических условиях..... 118
Mikushkin O. V., Konovalenko P. N. The role of the voluntary firefighting and rescue service in the current socio-economic conditions..... 118

Филатова Ю. А., Мочалова Т. А. Исследование процесса химического самовозгорания как причины пожара..... 123
Filatova Yu. A., Mochalova T. A. Research on chemical self-ignition process as causes of fire 123

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ

УДК 614.841.412

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВТОРЯЕМОСТИ ПОЖАРОВ НА РЕЗЕРВУАРАХ ОТ САМОВОЗГОРАНИЯ ПИРОФОРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ФУНКЦИИ НОРМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

**А. Г. АЗОВЦЕВ, С. А. СЫРБУ, В. Н. МИХАЛИН, А. Н. ПЕСИКИН,
М. А. БОДРОВ, М. А. КИРИЛЛОВ**

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: asovtsev121@mail.ru, syrbye@yandex.ru

В работе выполнено моделирование повторяемости возникновения пожаров на резервуарах вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов от самовозгорания пирофорных отложений с помощью дифференциальной функции нормального распределения. Представлена статистика по пожарам на резервуарах вертикальных стальных от самовозгорания пирофорных отложений, а также распределение пожаров по месяцам с 2000 по 2016 год. Распределение пожаров на резервуарах вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов от самовозгорания пирофорных отложений приведено к нормальному распределению с помощью дифференциальной функции нормального распределения. Указаны границы времени, в которых при нормальном распределении наблюдаются наибольшие значения частот возникновения пожаров. Полученные данные можно будет использовать при планировании профилактических мероприятий на резервуарах с нефтью и нефтепродуктами, а также при расчете рисков промышленных аварий.

Ключевые слова: нефтегазовая отрасль, пирофорные отложения, самовозгорание, резервуар для хранения нефти и нефтепродуктов, пожар, повторяемость, риск.

MODELING THE REPEATABILITY OF FIRES ON TANKS FROM SELF-IGNITION OF PYROPHORIC DEPOSITS BY MEANS OF A DIFFERENTIAL FUNCTION OF NORMAL DISTRIBUTION

**A. G. AZOVTSEV, S. A. SYRBU, V. N. MIHALIN, A. N. PESIKIN,
M. A. BODROV, M. A. KIRILLOV**

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, syrbye@yandex.ru

At paper modeling of the occurrence periodicity of fires on vertical stainless tanks for contain oil and petroleum products from auto-ignition of pyrophoric deposits using a differential normal distribution function is given. Statistics on fires on vertical steel tanks from spontaneous combustion of pyrophoric sediments, as well as the distribution of fires by months from 2000 to 2016, is presented. The distribution of fires on the vertical steel tanks for the storage of oil and oil products from the spontaneous combustion of pyrophoric sediments is reduced to a normal distribution using a differential normal distribution function. The boundaries of time are indicated, in which, with a normal distribution, the highest frequencies of occurrence of fires are observed. The obtained data can be used in the planning of preventive measures on tanks with oil and petroleum products, as well as in calculating the risks of industrial accidents.

Key words: gas and oil industry, pyrophoric deposits, auto-ignition, oil tank, fire, repeatability, risk.

Одной из задач МЧС России является мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций. К одному из методов прогнозирования относится и статистическая обработка информации о произошедших чрезвычайных ситуациях. В данной работе рассматривается обработка статистической информации по пожарам на резервуарах вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов (далее – РВС) от самовозгорания пирофорных отложений. РВС, являясь объектом хранения нефти и нефтепродуктов, относится согласно законодательству Российской Федерации к опасному производственному объекту [1].

К основным причинам, по которым происходят пожары и аварии в нефтегазовом комплексе, согласно данным [2-4] относятся: нарушение правил техники безопасности и пожарной безопасности, некачественный монтаж и ремонт оборудования, некачественная молниезащита, нарушение правил технологического регламента, самовозгорание пирофорных отложений и прочие.

На причину самовозгорания пирофорных отложений приходится 12,8% от общего числа источников зажигания [4].

В период с 2000 по 2016 гг. от самовозгорания пирофорных отложений произошло 17 пожаров на резервуарах вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов (далее – РВС). В предыдущих работах [5, 7] определены теоретические частоты и значения рисков пожаров на РВС от самовозгорания пирофорных отложений исходя из распределения количеств пожаров на РВС по частотам возникновения по закону распределения Пуассона. В данной работе строится математическая модель повторяемости пожаров на РВС от самовозгорания пирофорных отложений с помощью дифференциальной функции нормального распределения. Модель строится на основе времени между случаями пожаров на РВС от самовозгорания пирофорных отложений (распределение пожаров на временной шкале с 2000 по 2016 гг. представлено на рис. 1).

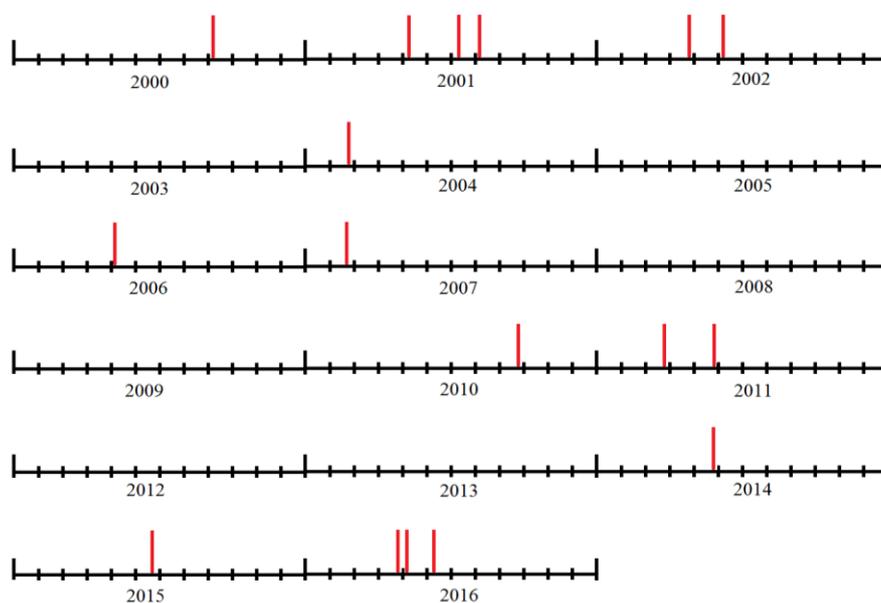


Рис. 1. Распределение пожаров на РВС от самовозгорания пирофорных отложений на временной шкале с 2000 по 2016 гг.

Так как пожары на РВС из-за самовозгорания пирофорных отложений, являясь случайными величинами, происходят из-за большого количества независимых факторов, то согласно центральной предельной теореме

распределение таких пожаров будет приближаться к нормальному распределению [6].

Дифференциальная функция нормального распределения величины T , нормированная на интервале $(T_{ЧС}, +\infty)$, имеет вид (1):

$$f(\tau) = \frac{\exp\left(-0,5 \cdot \left(\frac{\tau - \tau_c}{\sigma}\right)^2\right)}{\sqrt{2\pi}\sigma \left(0,5 - \Phi\left(\frac{\tau_{чс} - \tau_c}{\sigma}\right)\right)}, \quad (1)$$

$\tau_{чс}$ – средняя продолжительность самой чрезвычайной ситуации;
 $\Phi(\dots)$ – функция Лапласа (2):

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) dz, \quad (2)$$

где: τ_c – средняя продолжительность интервала между смежными пожарами на РВС от самовозгорания пиррофорных отложений;

которая с достаточной точностью вычисляется по формуле (3):

$$\Phi(x) \cong 0,5 \left(1 - \left(1 + 0,049867x + 0,021141x^2 + 0,0032x^3 + 0,000038x^4\right)^{-16}\right). \quad (3)$$

В качестве параметров $\tau_{чс}$ и τ_c берутся их выборочные точечные оценки (4)-(6):

$$\tau_c = \bar{\tau} = \frac{\sum_{i=1}^m \tau_i n_i}{n}, \quad (4)$$

$$\tau_{чс} = \bar{\tau}_{чс} = \frac{\sum_{i=1}^m \tau_{чсi} n_i}{n}. \quad (5)$$

Данные по средним значениям интервалов между пожарами на РВС от самовозгорания пиррофорных отложений и частотам в этих интервалах представлены на рис. 2 и в табл. 1.

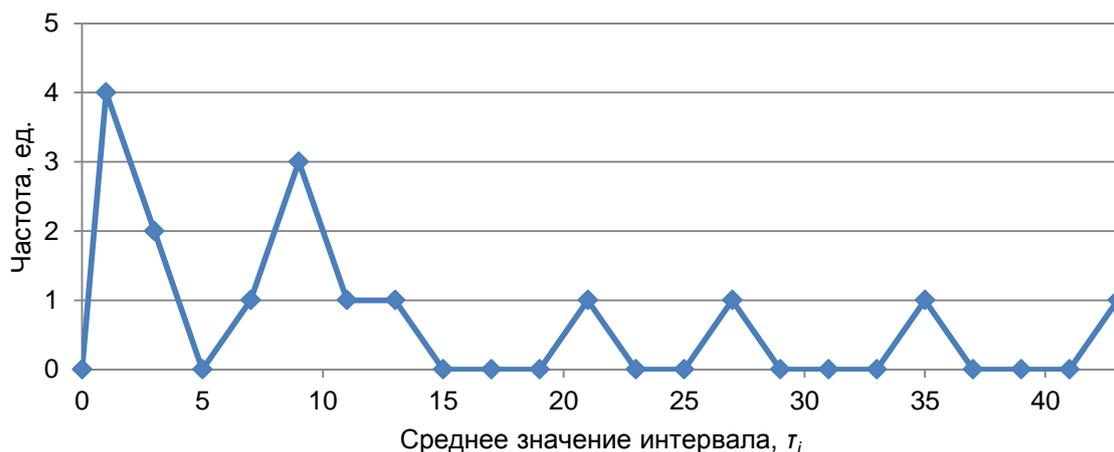


Рис. 2. Статистическое распределение частот возникновения пожара на РВС от средних значений интервалов между пожарами

Таблица 1. Статистическое распределение времени ожидания пожара на РВС от самовозгорания пирофорных отложений

Частичные интервалы, мес.	Средние значения, t_i	Частоты n_i	Частичные интервалы, мес.	Средние значения, t_i	Частоты n_i
0-2	1	4	22-24	23	0
2-4	3	2	24-26	25	0
4-6	5	0	26-28	27	1
6-8	7	1	28-30	29	0
8-10	9	3	30-32	31	0
10-12	11	1	32-34	33	0
12-14	13	1	34-36	35	1
14-16	15	0	36-38	37	0
16-18	17	0	38-40	39	0
18-20	19	0	40-42	41	0
20-22	21	1	42-44	43	1

Значения параметров $t_{ср}$, T_c , рассчитанные по формулам (4), (5), составили 0,00193 и 11,413 соответственно. Рассчитанные по дифференциальной формуле нормального распределения (1) значения частот были занесены в табл. 2 и для наглядности распределение представлено на рис. 3.

Таблица 2. Распределение частот возникновения пожара на РВС от самовозгорания пирофорных отложений

Частичные интервалы, мес.	Средние значения, t_i	Частоты n_i	Частичные интервалы, мес.	Средние значения, t_i	Частоты n_i
0-2	1	0,408	22-24	23	0,867
2-4	3	1,003	24-26	25	0,68
4-6	5	1,173	26-28	27	0,51
6-8	7	1,343	28-30	29	0,391
8-10	9	1,445	30-32	31	0,272
10-12	11	1,513	32-34	33	0,187
12-14	13	1,53	34-36	35	0,119
14-16	15	1,479	36-38	37	0,068
16-18	17	1,377	38-40	39	0,051
18-20	19	1,224	40-42	41	0,0255
20-22	21	1,054	42-44	43	0,0136

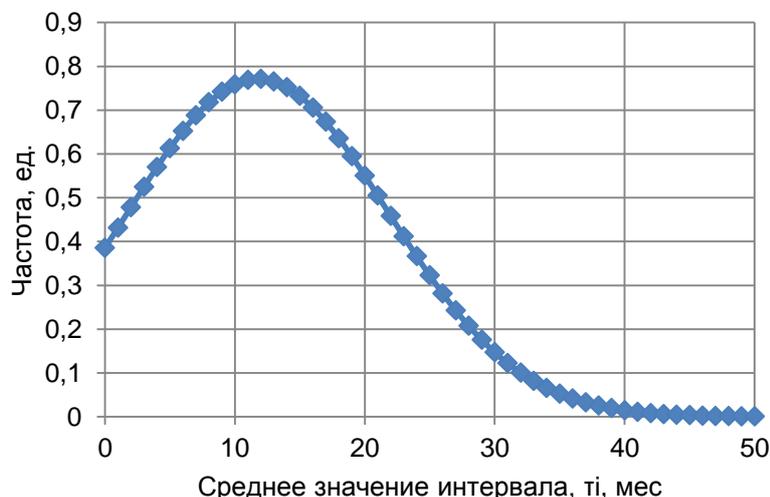


Рис. 2. Распределение частот возникновения пожара на РВС от средних значений интервалов между пожарами, полученное с помощью функции (1)

Предварительные значения риска можно вычислить через относительные частоты W_i для отдельных значений t_i по формуле (6):

$$W_i = \frac{n_i}{n}, \quad (6)$$

полученные результаты, заносятся в табл. 3.

Таблица 3. Распределение относительных частот возникновения пожара на РВС от самовозгорания пиррофорных отложений

Частичные интервалы, мес.	Средние значения, t_i	Относительные частоты W_i	Частичные интервалы, мес.	Средние значения, t_i	Относительные частоты W_i
0-2	1	0,024	22-24	23	0,051
2-4	3	0,059	24-26	25	0,04
4-6	5	0,069	26-28	27	0,03
6-8	7	0,079	28-30	29	0,023
8-10	9	0,085	30-32	31	0,016
10-12	11	0,089	32-34	33	0,011
12-14	13	0,09	34-36	35	0,007
14-16	15	0,087	36-38	37	0,004
16-18	17	0,081	38-40	39	0,003
18-20	19	0,072	40-42	41	0,0015
20-22	21	0,062	42-44	43	0,0008

Из полученных результатов видно, что основная доля пожаров от самовозгорания пиррофорных отложений после приведения к нормальному распределению располагается в границах от 2 до 22 месяцев с момента возникновения предыдущего пожара.

Полученные значения рисков могут использоваться с практической точки зрения при планировании профилактических мероприятий на резервуарах с нефтью и нефтепродуктами, а также при расчете рисков промышленных аварий.

Список литературы

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Фед. закон Рос. Федерации от 21 июля 1997 г. №116-ФЗ // НПБ «ООО Гарант».

2. Статистический анализ пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов / Е.В. Ширяев [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2014. Вып. 3 (55), 2014. URL:

http://elibrary.ru/download/elibrary_22880819_38467996.pdf (дата обращения 17.01.2019).

3. Лебедева М.И., Богданов А.В., Колесников Ю.Ю. Аналитический обзор статистики по опасным событиям на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности // Технологии техносферной безопасности. 2013. Вып. 4 (50), 2013. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_21482436_41811959.pdf (дата обращения 17.01.2018).

4. Петрова Н.В., Чешко И.Д., Галишев М.А. Анализ практики экспертного исследования пожаров на объектах хранения нефти и нефтепродуктов // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2016. Вып. 3. URL: <http://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V83/7.pdf> (дата обращения 02.02.2019).

5. Азовцев А.Г., Салихова А.Х., Сырбу С.А. О риске самовозгорания пиррофорных отложений в резервуарах вертикальных стальных с сернистой нефтью и нефтепродуктами // Пожарная и аварийная безопасность. 2017. Вып. 4. URL: <http://pab.edufire37.ru>. (дата обращения 30.01.2019).

6. Шаптала В.Г., Радоуцкий В.Ю., Шаптала В.В. Основы моделирования чрезвычайных ситуаций: учеб. пособие; под. общ. ред. В.Г. Шапталы. Белгород. Изд-во БГТУ, 2010. 166 с.

7. Азовцев А.Г., Сырбу С.А., Таратанов Н.А. Моделирование повторяемости возникновения пожаров на резервуарах с нефтью и нефтепродуктами от самовозгорания пирофорных отложений // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2018. Вып. 4. URL: <https://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V104/5.pdf>. (дата обращения 20.02.2019).

References

1. О *promyshlennoy bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov*: Fed. zakon Ros. Federacii ot 21 iyulya 1997 g. №116-FZ // NPB «ООО Гарант».

2. Shiryayev E.V. Nazarov V.P., Mayzlish A.V., Gogin A.A. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2014, issue 3 (55). URL: http://elibrary.ru/download/elibrary_22880819_38467996.pdf (data obrascheniya 17.01.2019).

3. Lebedeva M.I., Bogdanov A.V., Kolesnikov Yu.Yu. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2013, issue 4 (50). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_21482436_41811959.pdf (data obrascheniya 17.01.2019).

4. Petrova N.V., Cheshko I.D., Galishchev M.A. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MCHS Rossii*, 2016, issue 3. URL: <http://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V83/7.pdf> (data obrascheniya 02.02.2019).

5. Azovcev A.G., Salihova A.H., Syrbu S.A. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost'*, 2017 issue 4. URL: <http://pab.edufire37.ru>. (data obrascheniya 30.01.2018).

6. Shaptala V.G. *Osnovy modelirovaniya chrezvychaynykh situaciy* [Fundamentals of simulation of emergency situations]. Belgorod, 2010, 166 s.

7. Azovcev A.G., Syrbu S.A., Taratanov N.A. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MCHS Rossii*, 2018, issue 4. URL: <https://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V104/5.pdf>. (data obrascheniya 20.02.2019).

Азовцев Александр Григорьевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново,
преподаватель

E-mail: asovtsev121@mail.ru

Azovtsev Aleksandr Grigor'evich

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
lecturer

E-mail: asovtsev121@mail.ru

Сырбу Светлана Александровна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
доктор химических наук, профессор

E-mail: syrbue@yandex.ru

Syrbu Svetlana 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

doctor of chemical sciences, professor

E-mail: syrbue@yandex.ru

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (12) – 2019

Михалин Владимир Николаевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
старший преподаватель

E-mail: mihalin_v_n@mail.ru

Mihalin Vladimir Nikolaevich

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
senior lecturer

E-mail: mihalin_v_n@mail.ru

Бодров Максим Андреевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
курсант

E-mail: maksimyc1996@mail.ru

Bodrov Maksim Andreevich

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
student

E-mail: maksimyc1996@mail.ru

Кириллов Михаил Александрович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
курсант

E-mail: misha1463mail@gmail.com

Kirillov Mihail 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
student

E-mail: misha1463mail@gmail.com

УДК 614.842

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА НАПОРНО-РАСХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В. Б. БУБНОВ, И. В. ДМИТРИЕВ, А. А. ПАНФИЛОВ

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: kafppv@mail.ru

В работе проведен анализ и изложены недостатки существующих в настоящее время методик расчета напорно-расходных характеристик групп совместно работающих насосов - параллельно включенных насосов с различными характеристиками, в частности насосных станций второго подъема с основными рабочими и пожарными насосами. Рассмотрены проблемы совместной эксплуатации основных и пожарных насосов и предложены пути их решения.

Разработана методика расчета напорно-расходных характеристик групп совместно работающих насосов в противопожарном водоснабжении, укомплектованных насосами разных марок.

Решаются задачи поиска параметров регулирования подачи насосов разного типоразмера, при которых энергетические затраты на подачу воды минимальны. Проведенный анализ показал, что самым энергетически эффективным методом регулирования подачи является метод частотного регулирования. Представлены результаты расчетов напорно-расходных характеристик группы совместно работающих насосов и сети при регулировании частоты вращения насосов. Определена глубина регулирования частоты вращения исследуемого насоса (отношение частоты вращения при ее регулировании к номинальной частоте).

Установлено, что условию увеличения степени равномерности загрузки групп работающих насосов и повышению энергетической эффективности соответствует такое уменьшение частоты вращения вала насоса большего типоразмера, при котором напор его холостого хода становится равным напору холостого хода насоса меньшего типоразмера.

На основе разработанных математических моделей с использованием современных программных средств создан программно-аппаратный комплекс, который будет полезен для использования в учебных целях и при проведении исследовательских работ по изучению методов регулирования работы насосов в насосных станциях и различных насосно-рукавных системах, при осуществлении подбора насосов и оптимальных условий их работы.

Предлагаемая методика может быть использована в автоматизированных системах управления насосными станциями при решении задач оптимального управления с целью повышения энергоэффективности и надежности систем противопожарного водоснабжения.

Ключевые слова: насос; насосная станция; противопожарное водоснабжение; энергоэффективность; частотное регулирование; напорно-расходная характеристика; пожаротушение.

DEVELOPMENT OF A METHOD OF CALCULATION OF PRESSURE HEAD AND ACCOUNT CHARACTERISTICS OF PUMPS IN THE SYSTEMS OF FIRE-WATER SUPPLY

V. B. BUBNOV, I. V. DMITRIYEV, A. A. PANFILOV

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: kafppv@mail.ru

In work the analysis is carried out and shortcomings of the method of calculation of pressure head and account characteristics of groups existing now jointly of the working pumps - pumps connected in parallel with different characteristics, in particular pump stations of the second rise with the main workers and fire

pumps are stated. Problems of joint operation of the main and fire pumps are considered and ways their solutions are proposed.

The method of calculation of pressure head and account characteristics of groups jointly of the working pumps in fire-water supply completed with pumps of different brands is developed.

Problems of search of parameters of regulation of giving of pumps of a different standard size at which power costs of water supply are minimum are solved. The carried-out analysis showed that the most energetically effective method of regulation of giving is the method of frequency regulation.

Calculation results of pressure head and account characteristics of group jointly of the working pumps and network are presented at regulation of rotating speed of pumps. Depth of regulation of rotating speed of the studied pump (the rotating speed relation is determined at its regulation to rated frequency).

It is established that to a condition of increase in degree of uniformity of loading of groups of the working pumps and increase in power efficiency there corresponds such reduction of frequency of rotation of a shaft of the pump of a bigger standard size at which the pressure of its idling becomes equal to a pressure of idling of the pump of a smaller standard size.

On the basis of the developed mathematical models with use of modern software the hardware-software complex which will be useful to use in the educational purposes and when carrying out research works on studying of methods of regulation of operation of pumps in pump stations and different pumping and hose systems, at implementation of selection of pumps and optimal conditions of their work is created.

The offered technique can be used in automated systems of control of pump stations at a solution of problems of optimum control for the purpose of increase in energy efficiency and reliability of systems of fire-water supply.

Key word: pump; pump station; fire-water supply; energy efficiency; frequency regulation; pressure head and account characteristic; fire extinguishing.

На многих насосных станциях второго подъема, выполняющих задачи пожаротушения, установлены специальные противопожарные насосы большего типоразмера, чем основные насосы, и работающие только в очень короткие периоды тушения пожара. Так как большую часть стоимости насосных станций составляют затраты на возведение ее строительных конструкций, то технико-экономические показатели насосных станций с противопожарными насосами значительно хуже тех, на которых задачи пожаротушения выполняются с помощью основных насосов.

Улучшить ситуацию могло бы использование противопожарных насосов не только для пожаротушения, но хотя бы в периоды пиковых нагрузок или в аварийных ситуациях (например, при выходе из строя основных насосов). Одна из проблем совместной эксплуатации основных и противопожарных насосов, существующей практики аналитического описания характеристик групп совместно работающих насосов заключается в отсутствии адекватных методов расчета напорно-расходных характеристик параллельно включенных насосов с разными характеристиками.

Целью работы является разработка методики расчета напорно-расходных характеристик групп совместно работающих насосов разного типоразмера в системах противопожарного водоснабжения.

Недостатком работ [1-3] является недостаточная информированность моделей относительно каждого насосного агрегата и его влияние на характеристику всей группы совместно работающих насосов в случае регулирования. Например, не учтено влияние на режим работы всей насосной станции регулирования одного насосного агрегата. В целом модель выглядит слишком упрощенной за счет использования аппроксимирующей квадратичной функции для характеристики «напор-подача» насосных агрегатов, которая не обеспечивает хорошую точность.

В известном ПК геоинформационной системы Zulu [4] предлагается использовать среднеарифметические величины коэффициентов полиномов, аппроксимирующие напорно-расходные характеристики насосов. Такой подход приводит к значительным ошибкам. В других источниках [5, 6] рекомендуется пользоваться графическими методами сложения характеристик.

Рассмотрим параллельную работу двух насосов с напорно-расходными характеристиками

$$H_1(Q) = H_{01} - a_1 \cdot Q^2; \quad (1)$$

и

$$H_2(Q) = H_{02} - a_2 \cdot Q^2; \quad (2)$$

на сеть с характеристикой

$$H_p(Q) = H_{0p} + a_p \cdot Q^2 \quad (3)$$

При их параллельном включении напорно-расходная характеристика имеет вид:

$$HS(Q) = H_1(Q) \text{ если } H_1(Q) > H_{02}; \quad (4)$$

$$HS(Q) = H_{02} - a_m \cdot (Q - Q_k)^2 \text{ если } H_1(Q) \leq H_{02}, \quad (5)$$

где

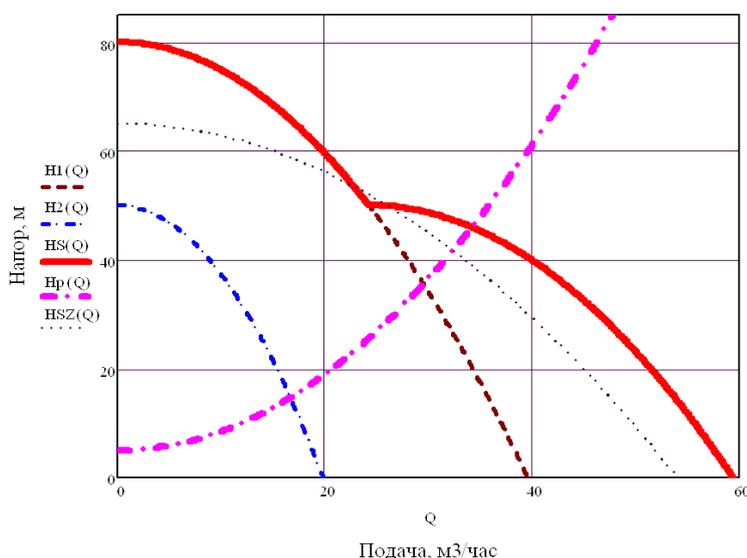
$$a_m = H_{02} / (Q_{m1} + Q_{m2} - Q_k)^2, \quad (6)$$

Q_{m1} и Q_{m2} – максимальные подачи первого и второго насосов (при их нулевых напорах), Q_k – подача большего насоса при включении в работу меньшего при условии $H_1(Q) = H_{02}$:

$$Q_{m1} = \sqrt{\frac{H_{01}}{a_1}}, \quad (7)$$

$$Q_k = \sqrt{\frac{H_{02}}{a_2}}, \quad (8)$$

$$Q_k = \sqrt{\frac{H_{01} - H_{02}}{a_1}}. \quad (9)$$



На рис. 1 представлены результаты расчетов по методике (1)-(9) и по методике, используемой в ПК геоинформационной системы Zulu. Очевидно, что результаты, полученные по предлагаемой методике, полностью соответствуют действительности, так как удовлетворяют известным правилам [6]:

- насос с меньшим напором холостого хода (H_{02}) включается в работу только тогда, когда требуемый напор группы насосов больше этой величины H_{02} ;

- суммарная подача параллельно работающих насосов равна сумме их подач.

Результаты, полученные на основе методики Zulu, не удовлетворяют этим правилам, и поэтому использование этой и ей подобных методик может привести к грубым ошибкам.

При параллельной работе насосов разного типоразмера одной из актуальных задач является поиск параметров регулирования их подачи, при котором энергетические затраты на подачу воды минимальны.

Все большее распространение в последние годы получает метод частотного регулирования как самый энергетически эффективный.

Рис. 1. График совместной работы двух насосов разных типоразмеров и сети:

- $H_1(Q)$ – напорно-расходная характеристика первого насоса;
- $H_2(Q)$ – напорно-расходная характеристика второго насоса;
- $HS(Q)$ – напорно-расходная характеристика группы насосов, рассчитанная по предлагаемой методике;
- $HSZ(Q)$ – напорно-расходная характеристика группы насосов, рассчитанная по методике Zulu;
- $H_p(Q)$ – гидравлическая характеристика сети

Известно, что энергетическая эффективность группы совместно работающих насосов повышается при увеличении степени равномерности их загрузки [6]. Этому условию соответствует такое уменьшение частоты вращения вала насоса большего типоразмера, при котором напор его холостого хода становится равным напору холостого хода насоса меньшего типоразмера. При этом глубину ре-

гулирования частоты вращения этого «большого» насоса (отношение частоты вращения при ее регулировании к номинальной частоте) можно определить как

$$n_{p10} = \sqrt{\frac{H_{02}}{H_{01}}}. \quad (10)$$

Характеристика насоса с исходной характеристикой $H(Q) = H_0 - a \cdot Q^2$ при изменении частоты вращения рассчитывается по формуле

$$H(Q) = H_0 \cdot n_p^2 - a \cdot Q^2, \quad (11)$$

где n_p – глубина регулирования.

На рис. 2 представлены результаты расчетов характеристик группы насосов и сети для данного случая, а на рис. 3 – для случая уменьшения частоты вращения обоих насосов на 10% по сравнению с теми, которые соответствуют характеристикам, представленным на рис. 2. Обозначения на рис. 2 и 3 такие же, как на рис. 1.

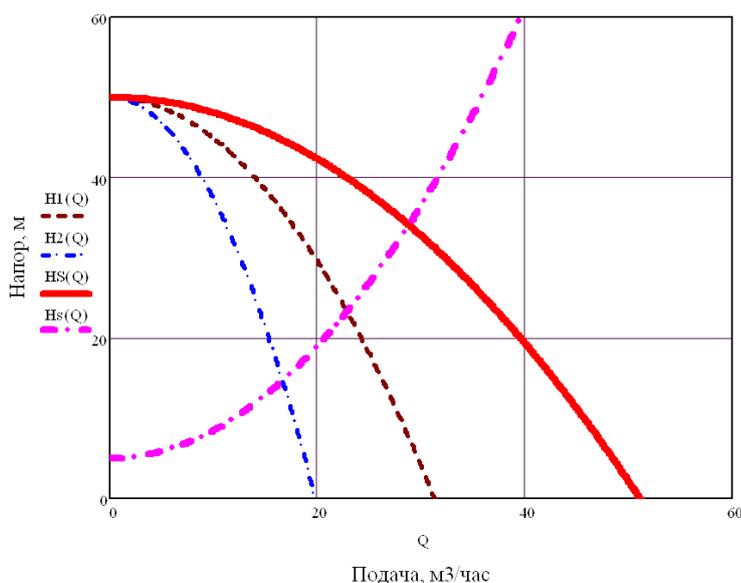


Рис. 2. График совместной работы двух насосов разных типоразмеров и сети при глубине регулирования частоты вращения насоса большего типоразмера, рассчитанной по ф. (10)

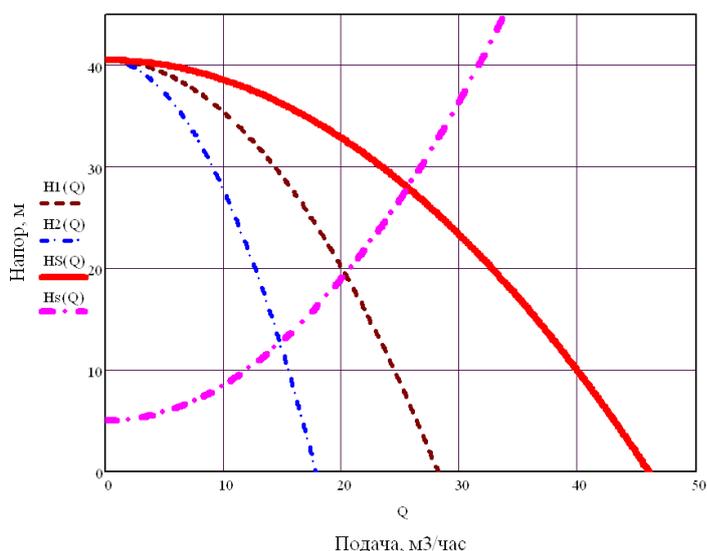


Рис. 3. График совместной работы двух насосов разных типоразмеров и сети при глубине регулирования частоты вращения насоса большего типоразмера на $0.9 \cdot n_{p10}$, а насоса меньшего типоразмера – 0.9

Разработанные математические модели по исследованию групп совместно работающих насосов в противопожарном водоснабжении легли в основу создания программно-аппаратного комплекса.

Для проведения численных исследований по выбору оптимальных условий работы для систем подачи воды в противопожарном водоснабжении разработан программно-

аппаратный комплекс «Исследование совместной работы насосов в противопожарном водоснабжении при их последовательном и параллельном соединении», имитирующий процессы, происходящие в опытной установке.

В качестве средства для разработки программно-аппаратных комплексов выбран интегратор приложений MathConnex. Основу

их реализации составили разработанные в системе MathCad математические модели.

Интегратор приложений MathConnex представляет интерес для пользователя. Это средство особенно полезно, если необходимо блочное представление и описание сложной системы, работу которой необходимо имитировать [7].

Экранный интерфейс комплексов представляет собой блоки ввода регулируемых параметров и вывода результатов численного эксперимента, схему опытной установки с измерительными приборами, контролирующими технологические параметры (рис. 4).

Программно-аппаратный комплекс по исследованию совместной работы последовательно и параллельно соединенных центробежных насосов состоит из блока ввода исход-

ных регулируемых параметров с указанием диапазона варьирования ими и схемы установки с обозначениями и блока вывода результатов численного эксперимента.

Блок ввода исходных, регулируемых, данных позволяет изменять ряд технологических и конструктивных параметров: вид соединения насосов, диаметры всасывающего и нагнетательного трубопроводов, длину нагнетательного трубопровода, максимальный расход жидкости, температуру перекачиваемой жидкости, концентрацию и тип вводимой в поток воды полимерной добавки.

Блок вывода результатов численного эксперимента представляется в виде таблицы опытных данных: расход воды, показания манометра и вакуумметра (мановакуумметра) 1-го и 2-го насосов.

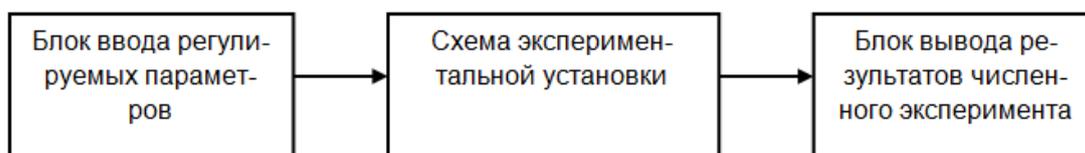


Рис. 4. Принципиальная схема работы программно-аппаратного комплекса

Выполнена проверка адекватности разработанной математической модели для совместной работы двух центробежных насосов. Для этого была проведена серия опытов на действующей лабораторной установке. Сравнение результатов численного эксперимента, полученного с использованием созданного программно-аппаратного комплекса и экспериментальных данных, полученных на лабораторной установке, как видно из рис. 5, показывает их соответствие. Максимальное расхождение экспериментальных и рассчитанных по модели данных не превышает 3 %. Таким образом, программно-аппаратный комплекс может быть успешно использован как в образовательном процессе, так и при проведении исследовательских работ по изучению совместной работы нескольких насосов, соединенных в группы.

В модели иллюстративно представляются характеристики в виде графических зависимостей напора от подачи, как для отдельно работающих насосов, так и суммарные характеристики их совместной работы, а также ха-

рактеристики трубопроводной сети, либо рукавной линии.

На рис. 5 приведены характеристики насоса и суммарные характеристики насосов, соединенных в группы. При последовательной работе подача всех насосов одинакова, а общий напор равен сумме напоров насосов, взятых при одной подаче, т.е. суммарная характеристика последовательно работающих насосов получается сложением напоров при одном и том же значении подачи. При параллельной работе расход воды в общей линии будет равен сумме подач насосов, а напоры насосов при их симметричном включении будут одинаковы. Суммарная характеристика двух насосов при их параллельной работе получается путем удвоения подачи при одинаковых напорах. Точками на рис. 5 показаны результаты эксперимента на лабораторной установке, сплошными линиями - характеристики, полученные расчетом с использованием программно-аппаратного комплекса.

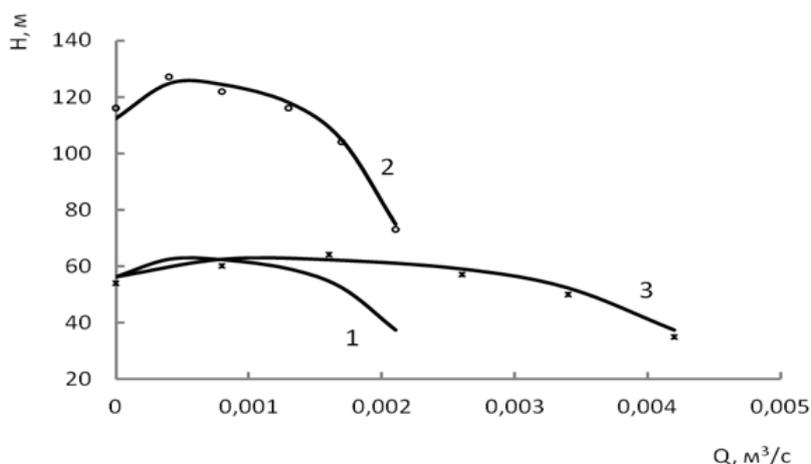


Рис. 5. Характеристики при последовательном и параллельном соединении двух одинаковых насосов: 1- характеристики насосов; 2- напорная характеристика при последовательном соединении насосов; 3- напорная характеристика при параллельном соединении насосов; *- экспериментальные точки при параллельной работе насосов, о- экспериментальные точки при последовательной работе насосов

Проведенный анализ существующих в настоящее время методик расчета напорно-расходных характеристик параллельно включенных насосов с различными характеристиками, в частности насосных станций второго подъема с основными рабочими и пожарными насосами позволил выявить ряд недостатков.

Разработанная методика расчета насосных станций с частотным регулированием параметров может быть использована при решении задач оптимального управления с целью повышения энергоэффективности и надежности систем противопожарного водоснабжения.

Список литературы

References

1. Турк В.И., Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. М.: Стройиздат, 1986. 304 с.
2. Чебаевский В.Ф., Вишнеvский К.П., Накладов Н.Н. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок. М.: Колос, 2000. 320 с.
3. Хабрахманов А.Р., Силантьева И.В., Анчихоров П.П., Ромашова И.П., Кашинцева О.В. Справочник промышленного оборудования. Насосное оборудование, редукторы, электродвигатели. М.: ЗАО «ВВТ», 1997. 208 с.
4. www.geoinfograd.ru.
5. Чебаевский В.Ф., Вишнеvский К.П., Накладов Н.Н., Кондратьев В.В. Насосы и насосные станции. М.: Агропромиздат, 1989. 416 с.
6. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. М.: Энергоатомиздат, 1984. 416 с.
7. Дьяконов В.П. MathCAD 2000: учебный курс. С.-Пб.: Питер, 2000. 592 с.

1. Turk V.I., Karelin V.Ja., Minaev A.V. *Nasosy i nasosnye stancii* [Pumps and pumping stations]. Moscow: Strojizdat, 1986. 304 p.
2. Chebaevskij V.F., Vishnevskij K.P., Nakladov N.N. *Proektirovanie nasosnyh stancij i ispytanie nasosnyh ustanovok* [Design of pumping stations and test of pumping units]. Moscow: Kolos, 2000. 320 p.
3. Habrahmanov A.R., Silant'eva I.V., Anchihorov P.P., Romashova I.P., Kashinceva O.V. *Spravochnik promyshlennogo oborudovaniya. Nasosnoe oborudovanie, reduktory, jelektrodvigateli* [Handbook of industrial equipment. Pumps, gearboxes, motors]. Moscow: ZAO «VVT», 1997. 208 p.
4. www.geoinfograd.ru.
5. Chebaevskij V.F., Vishnevskij K.P., Nakladov N.N., Kondrat'ev V.V. *Nasosy i nasosnye stancii* [Pumps and pumping stations]. Moscow: Agropromizdat, 1989. 416 p.
6. Cherkasskij V.M. *Nasosy, ventiljatory, kompressory* [Pumps, fans, compressors]. Moscow: Jenergoatomizdat, 1984. 416 p.

7. D'jakonov V.P. MathCAD 2000:
uchebnyj kurs [Mathcad 2000: training cours].
Sankt-Peterburg, 2000. 592 p.

Бубнов Владимир Борисович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент
E-mail: kafppv@mail.ru

Bubnov Vladimir Borisovich

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
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
E-mail: kafppv@mail.ru

Дмитриев Игорь Владимирович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
заместитель начальника академии
E-mail: kafppv@mail.ru

Dmitriev Igor Vladimirovich

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
Deputy Head of the Academy
E-mail: kafppv@mail.ru

Панфилов Александр Анатольевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
магистрант

E-mail: polushvedkin@yandex.ru

Panfilov Alexander Anatolyevich

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
Undergraduate student
E-mail: polushvedkin@yandex.ru

УДК 614.841.3

К ВОПРОСУ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРЕДРЕМОНТНОЙ ПОДГОТОВКЕ НА ТРУБОПРОВОДАХ С ГОРЮЧИМИ ЖИДКОСТЯМИ

Е. В. ШИРЯЕВ

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: shiryaevev@bk.ru

В работе рассмотрены вопросы пожарной опасности, возникающие при предремонтной подготовке на технологических трубопроводах с горючими жидкостями. Приведены результаты анализа статистических данных по пожарам на объектах нефтегазовой отрасли. Перечислены основные элементы экспертно-диагностического обслуживания технологических трубопроводов и порядка подготовки к проведению огневых ремонтных работ. Представлены фотография технологических нефтепродуктопроводов и схема утечки «мертвого остатка» нефтепродукта при разъеме фланца на нефтепродуктопроводе. Определены зависимости массы горючей жидкости, вышедшей из трубопровода подготавливаемого к ремонту, от площади сечения трубопровода, а также зависимости объема «мертвого остатка» нефтепродукта на участках трубопровода разной длины в зависимости от диаметра трубопровода. Проведен анализ зарубежных и отечественных нормативных требований в области снижения пожарной опасности аварийных проливов горючих жидкостей. Рассмотрены различные технические решения, направленные на ограничение растекание горючих жидкостей и технические устройства самотушения локальных проливов горючих жидкостей.

Ключевые слова: технологические трубопроводы, пожарная опасность, горючие жидкости, подготовка к ремонту.

TO THE ISSUE OF FIRE SAFETY AT PRE-TRAINING ON PIPELINES WITH FLAMMABLE LIQUIDS

E. V. SHIRYAEV

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: shiryaevev@bk.ru

The paper deals with the issues of fire danger arising in the pre-repair preparation of process pipelines with flammable liquids. The results of the analysis of statistical data on fires in the oil and gas industry. The basic elements of expert-diagnostic maintenance of technological pipelines and the order of preparation for fire repair works are listed. The photo of technological oil product pipelines and the scheme of leakage of the "dead residue" of oil product at the flange connector on the oil product pipeline are presented. The dependences of the mass of flammable liquid released from the pipeline to be prepared for repair on the cross-sectional area of the pipeline, as well as the dependence of the volume of the "dead residue" of oil product in the pipeline sections of different lengths depending on the diameter of the pipeline are determined. The analysis of foreign and domestic regulatory requirements in the field of fire risk reduction of emergency spills of flammable liquids. Various technical solutions aimed at limiting the spreading of flammable liquids and technical devices for self-extinguishing local spills of flammable liquids are considered.

Key words: technological pipelines, fire danger, flammable liquids, preparation for repair.

Аварийные утечки горючих жидкостей из технологического оборудования производственных объектов являются взрывопожароопасными и способны привести к катастрофическим последствиям. Аварийный выход нефтепродукта из поврежденного технологического оборудования приводит, как правило, к образованию взрывопожароопасной паровоздушной смеси. При наличии источника зажигания достаточной мощности горючая смесь воспламеняется (пожар вспышка) или взрывается (сгорание облака паровоздушной смеси с образованием волны избыточного давления) с последующим пожаром пролива. Дальнейшее развитие пожара зависит от множества факторов: от характера истечения жидкости из технологического оборудования и наличия путей распространения пожара, площади пролива, наличия уязвимых участков технологического оборудования к тепловому излучению, избыточному давлению взрыва, наличия средств противопожарной защиты и др.

Масштабы аварийных утечек горючих жидкостей напрямую зависят от вида технологического оборудования, его технических характеристик и величины повреждения.

Ежегодный анализ аварий на предприятиях нефтегазового комплекса Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, а также статистических данных по пожарам, предоставленным ФГБУ ВНИИПО МЧС России показал, что аварии, связанные с выбросом, проливом ЛВЖ, ГЖ протекают в сложных условиях с быстрым распространением огня на соседние аппараты, и могут нести катастрофический характер с человеческими жертвами и огромным материальным ущербом [1-4]. Даже незначительные (локальные) проливы горючих жидкостей, происходящие преимущественно из-за износа технологического оборудования и его обвязки (фланцевых соединений, сальниковых уплотнителей и др.), а также в результате подготовки к проведению ремонтных работ, представляют высокую пожарную опасность.

Результаты статистического анализа показывают, что пожары пролива занимают особое место в сценариях развития пожара (38 %), рис. 1.

Основной предпосылкой к проведению ремонтных работ на технологическом оборудовании с ЛВЖ и ГЖ является нарушение герметичности обвязки технологических аппаратов и трубопроводов. На рис. 2 показан участок трубопроводов для перекачки нефтепродуктов между насосной станцией и резервуарами, требующий ремонта.

Локальная разгерметизация технологической арматуры трубопроводов, вентилей, расположенных рядом с технологическими установками, создает угрозу крупномасштабной аварии (пожару) в случае воспламенения паров нефтепродукта. Наиболее вероятными местами образования локальной разгерметизации технологического оборудования являются разъёмные соединения. В этом отношении особую опасность могут представлять фланцевые соединения. На взрывопожароопасных объектах, к которым относятся резервуарные парки, магистральные трубопроводы, насосные по перекачке пожароопасных веществ, манифольдные именно фланцевые соединения являются наиболее уязвимыми местами. В результате нарушения их герметичности возникают утечки нефтепродуктов.

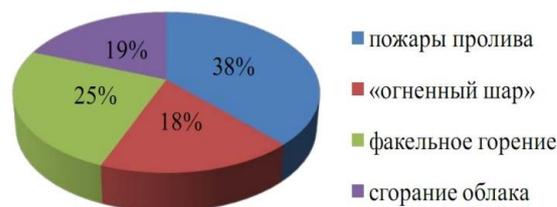


Рис. 1. Распределение пожаров на объектах нефтегазовой отрасли по сценариям их развития



Рис. 2. Участок трубопроводной арматуры на линиях транспортировки нефтепродуктов в резервуары. Трубопроводы диаметром DN-200, PN-16, с задвижками клиновыми ручными ЗКЛ 30с41нж

На крупных объектах нефтегазовой отрасли, в том числе и на нефтебазах общая протяженность трубопроводов может состав-

лять десятки и даже сотни километров, которые имеют огромное количество фланцевых соединений (рис. 3). Огневые ремонтные работы на нефтепродуктопроводах крупных предприятий проводятся, практически, ежедневно.

Основные элементы экспертно-диагностического обслуживания технологических трубопроводов:

1. Контроль технического состояния – оценка технического состояния технологических трубопроводов и оборудования и сопоставление фактических параметров с проектными параметрами;

2. Техническое обслуживание – работы по поддержанию работоспособного и исправного состояния технологических трубопроводов и оборудования в процессе эксплуатации;

3. Ремонт – комплекс операций по восстановлению исправного и работоспособного состояния технологических трубопроводов и оборудования; Замена оборудования – работы связанные с выводом из эксплуатации,

демонтажем, ликвидацией оборудования и заменой его на новое оборудование.

При подготовке к проведению огневых ремонтных работ осуществляется подготовка, состоящая из нескольких этапов:

1) Подготовка рабочей зоны перед проведением ремонтных работ (очистка территории от мусора, размещение искробезопасного инструмента, первичных средств пожаротушения, размещение поддона для ограничения растекания горючих жидкостей или обустройство обвалования);

2) Откачка нефтепродукта с линии, на которой планируется проведение ремонтных работ;

3) Перекрытие запорной арматуры на участке трубопровода, на котором проводятся ремонтные работы;

4) Разъем фланцевых соединений;

5) Слив «мертвого остатка» нефтепродуктов из трубопровода.

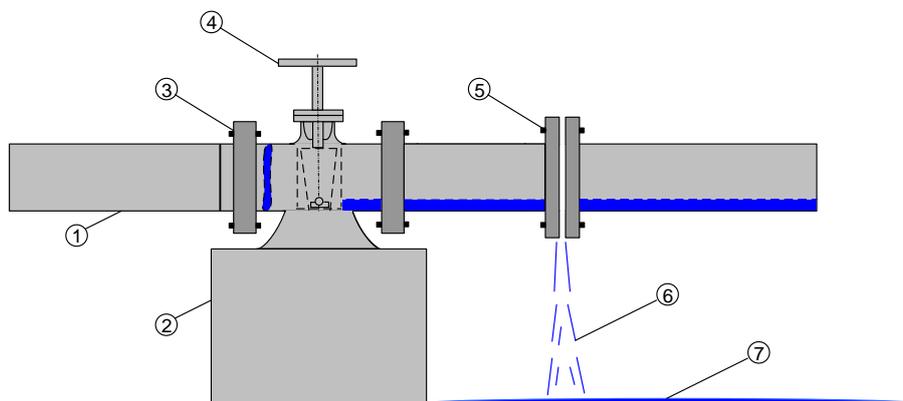


Рис. 3. Схема утечки «мертвого остатка» нефтепродукта при разъеме фланца на нефтепродуктопроводе

1 – нефтепродуктопровод; 2 – ж/б опора; 3 – фланец запорной арматуры;

4 – кран запорной арматуры; 5 – фланец нефтепродуктопровода;

6 – утечка нефтепродукта при разъеме фланца; 7 – место пролива нефтепродукта

Оценка объема возможных локальных проливов нефтепродуктов на участке нефтепродуктопровода подготавливаемого к ремонту может быть найдена по следующим формулам. Приведенный напор, под действием которого происходит истечение жидкости через отверстие, м.

$$H_{\text{пр}} = \frac{P}{\rho \cdot g} + H, \quad (1)$$

где P - давление внутри трубопровода после откачки горючей жидкости, кПа

ρ – плотность нефтепродукта, кг/м³;

H – высота столба жидкости, м

Скорость истечения вещества из отверстия, м/с

$$\omega = \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{\text{пр}}}, \quad (2)$$

где $H_{\text{пр}}$ - приведенный напор, м.

Масса выходящей наружу жидкости при разъеме фланца трубопровода, кг (рис. 4)

$$m(f) = a \cdot f \cdot \omega \cdot \rho \cdot \tau, \quad (3)$$

где α - коэффициент расхода, изменяющийся в пределах 0,45 – 0,85 (при истечении жидкостей, вязкость которых составляет (0,5 – 1,5) МПа·с, через отверстие круглой формы в тонких стенках, можно принимать $\alpha = 0,64$)

f – площадь сечения трубопровода м^2 ;

t – время истечения горючей жидкости, с.

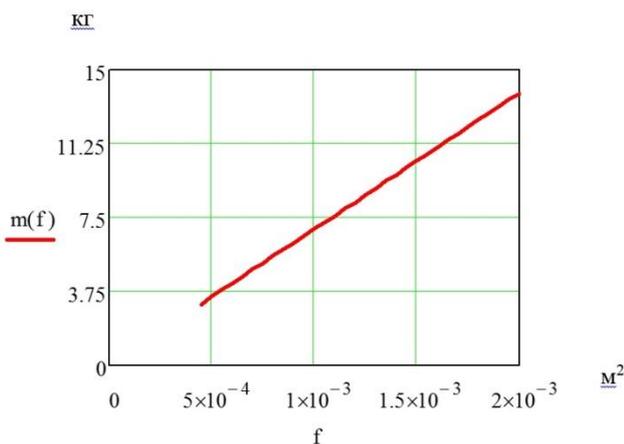


Рис. 4. Зависимость массы горючей жидкости, вышедшей из трубопровода подготавливаемого к ремонту, от площади сечения трубопровода

Зависимость объема мертвого остатка НП на участках трубопровода разной длины в зависимости от диаметра трубопровода представлена на рис. 5.

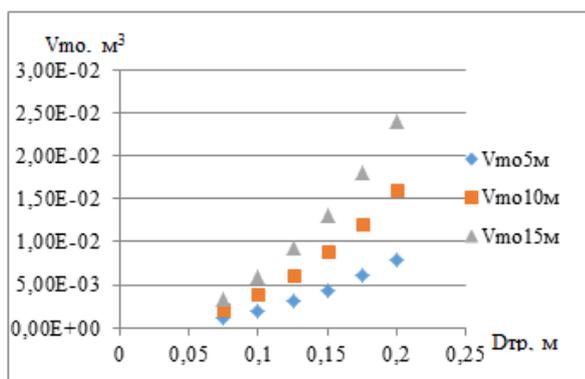


Рис. 5. Зависимость объема мертвого остатка НП на участках трубопровода разной длины в зависимости от диаметра трубопровода

Ограничение распространения пожара за пределы очага регламентируется ст. 59 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [5]. Снижение пожарной опасности локальных проливов горючих жидкостей может быть до-

стигнуто за счет применения технических решений, ограничивающих разлив и растекание жидкости при пожаре, при этом предотвращающих развитие пожара за счет уменьшения характеристик пламени вплоть до полного его затухания.

В настоящее время существует два подхода к ограничению растекания легко воспламеняющихся и горючих жидкостей (далее – ЛВЖ, ГЖ) при аварийных проливах. Оба подхода, направлены на решение важной проблемы – снижение опасных факторов пожара (далее – ОФП) пролива ЛВЖ, ГЖ.

В первую группу инженерно-технических решений можно выделить:

- дренажные системы с отведением проливов ЛВЖ, ГЖ в аварийный резервуар;
- бортики, выполненные из негорючих материалов на твердой непроницаемой поверхности (с системой аварийного слива горючих жидкостей).

Ко второй группе инженерно-технических решений относятся поддоны, емкости, оборудованные дополнительно элементом пламегашения (или ограничения распространения пламени в узких каналах):

- поддоны, оборудованные трубчатыми вертикальными каналами (гасителями пламени);
- модульные поддоны в виде напольных покрытий, с наполнителем в виде металлической ваты для ограничения распространения пламени по поверхности;
- поддоны с гранулированным наполнителем.

Применение дренажных лотков и отбортовки для ограничения растекания ЛВЖ, ГЖ регламентировано рядом нормативных документов ГОСТ Р 12.3.047.2012, СП 156.13130.2014 [6, 7] и другими.

В ГОСТ Р 12.3.047.2012 [7] содержится методика расчета размера сливных отверстий из технологического оборудования (расчет площади сливного отверстия в ограничивающем жидкость устройстве, например поддоне). При расчетной площади сливного отверстия перелив жидкости через борт ограничивающего устройства и растекание жидкости за его пределами невозможен. Цель расчета - выбор площади поддона $F_n, \text{м}^2$, и расчет площади сливного отверстия $f, \text{м}^2$.

В СП 155.13130.2014 содержится требование для площадок сливо-наливных эстакад указывающее на применение водонепроницаемого покрытия, с ограждением в виде бортиков высотой не менее 0,2 м, и уклоном не менее 2% [8]. Данное требование также пропи-

сано в СП 156.13130.2014 [7] для площадок слива автоцистерн.

Применение поддонов для локализации и повышения эффективности тушения аварийных проливов горючих жидкостей, регламентируется рядом требований нормативных документов по пожарной безопасности. В СП 13.13130.2009 [9] введено понятие «поддоны самотушения» для предотвращения и подавления пожаров ЛВЖ и ГЖ. Так при размещении емкостей с горючей жидкостью в подвале допускается выполнять под емкостями устройства самотушения проливов из расчета удержания всего объема жидкости с дальнейшей откачкой ее насосом в сборный бак за пределами здания.

В рекомендациях «Обеспечение пожарной безопасности установок по ликвидации аварийных проливов нефти и нефтепродуктов» указано, что поддон для сбора нефти и нефтепродуктов необходимо применять под вентилями, связанными с обращением ГЖ [10].

В Правилах промышленной безопасности складов нефти и нефтепродуктов для сбора остатков продукта, стекающих с наливной трубы при отсоединении от цистерны, должен быть предусмотрен каплесборник [11].

В Правилах противопожарного режима в Российской Федерации указано, что под трансформаторами и реакторами требуется располагать маслоприемные устройства с гравийной засыпкой, при этом предъявляется ряд требований к содержанию гравия [12].

В Правилах устройства электроустановок (7-е издание) приведены габариты маслоприемника в зависимости от количества масла в трансформаторе, кроме того указана высота слоя гравия (не менее 0,25 м), размер фракции гравия (от 30 до 70 мм) [13].

Применение поддонов для сбора капельных утечек под манифольдами, фланцевыми соединениями предусматривают Международный стандарт по безопасности для нефтяных танкеров и терминалов [14]. В данных нормах содержатся еще ряд требований, направленных на применение переносных поддонов для сбора локальных проливов горючих жидкостей:

- после окончания сливо-наливных операций спускные клапаны судового манифольда необходимо открыть для слива нефтепродукта в переносные поддоны, после чего содержимое переносных поддонов должно быть перекачено в отстойный танк или другой безопасный резервуар;

- при отсутствии стационарных емкостей для сбора пролитых ЛВЖ, ГЖ под фланцевыми соединениями трубопроводов, из которых может быть пролив;

- для ограничения разлива горючих жидкостей необходимо установить переносные поддоны для сбора капельных утечек в соответствии с рекомендациями *The Oil Companies International Marine Forum (OCIMF)*, при этом запрещено использовать пластмассовые поддоны, если не предусмотрено их заземление.

Технические решения первой группы – ограничивающие растекание горючих жидкостей предотвращают распространение пожара по поверхности и направлены на эвакуацию ЛВЖ, ГЖ в аварийный резервуар. Однако системы аварийного слива горючих жидкостей с отбортовкой или дренажными лотками не снижают воздействие пожарной опасности пролива. Такими системами должны обязательно оборудоваться площадки слива-налива для передвижных цистерн с большим объемом с горючей жидкости.

В ряде сводов федеральных законов США [15-18] содержатся нормы предписывающие обеспечивать устройствами сбора локальных утечек горючих жидкостей технологическое оборудование, на котором проводятся сливо-наливные операции ГЖ, осуществляются перевозки и хранение ГЖ в таре.

Для снижения пожарной опасности аварийных проливов горючих жидкостей, которые происходят при подготовке к проведению ремонтных работ на технологических трубопроводах могут применяться поддоны самотушения горючих жидкостей, например, поддоны с пламегасящим наполнителем в виде гранул керамзита, пеностекла и др. [19].

Список литературы

1. Письмо ФГБУ ВНИИПО МЧС России от 31.01.2014 г. №408-11-6-02 «О предоставлении статистической информации по пожарам».

2. Приказ МЧС России от 26.12.2014 №727 «О совершенствовании деятельности по формированию электронных баз данных учета пожаров (загораний) и их последствий».

3. Письмо ФГБУ ВНИИПО МЧС России от 10.08.2017 г. №115-34-59 «О предоставлении статистической информации по пожарам» //

ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России. Общий отдел. – 2017. – 10 августа.

4. Уроки, извлеченные из аварий Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (годовые) [Электронный ресурс] – Ростехнадзор. URL <http://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/>

5. Федеральный закон от 22 июля 2008 года №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями и дополнениями).

6. ГОСТ Р 12.3.047-2012. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

7. СП 156.13130.2014. Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности.

8. СП 155.13130.2014 Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности.

9. СП 13.13130.2009 Атомные станции. Требования пожарной безопасности (с Изменением N 1).

10. Обеспечение пожарной безопасности установок по ликвидации аварийных проливов нефти и нефтепродуктов. Рекомендации ФГУ ВНИИПО МЧС России и ДНД МЧС России. Согласованы письмом ДНД МЧС России от 2 июля 2008 г. №19-2-3-2261.

11. Приказ от 7 ноября 2016 г. №461 об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности складов нефти и нефтепродуктов».

12. Постановление Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. №390 «О противопожарном режиме».

13. Правила устройства электроустановок. Издание седьмое. М.: НИЦ ЭНАС, 2004.

14. *International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals. International chamber of shipping oil companies international marine forum international association of ports and harbors (IS-GOTT, Fifth Edition):* Published and Printed by WITHERBY & CO. LTD. London EC1R 0ET, UK, 2007. – 418 P.

15. *Stormwater Management Regulations: National Pollutant Discharge Elimination System.* 40 CFR 122.26. URL: <http://www.spillcontainment.com>.

16. *Spill Prevention, Control, and Countermeasures Rule.* 40 CFR 112. URL: <http://spillsolutionscanada.com>.

17. *EPA Container Storage Regulation.* 40 CFR 264.175. URL: <http://www.spillcontainment.com>.

18. *Spill Prevention, Control and Countermeasure Act. Uniform Fire Code (UFC) 79.406.* URL: <http://cotradeco.com>.

19. Ширяев Е.В., Назаров В.П. Влияние гранулированной подложки на процесс горения нефтепродукта при его аварийном проливе // Технологии техносферной безопасности. 2017. Вып. 3 (73) <http://academygps.ucoz.ru/ttb/2017-3/2017-3.html>.

References

1. Pismo FGBU VNIPO MChS Rossii ot 31.01.2014 g. №408-11-6-02 «O predostavlenii statisticheskoy informatsii po pozharam» [To provide statistical information on fires].

2. Prikaz MChS Rossii ot 26.12.2014 №727 «O sovershenstvovanii deyatel'nosti po formirovaniyu elektronnykh baz dannykh ucheta pozharov (zagoraniy) i ikh posledstviy» [About the improvement of the formation of electronic databases of records of fires (fires) and their consequences].

3. Pismo FGBU VNIPO MChS Rossii ot 10.08.2017 g. №115-34-59 «O predostavlenii statisticheskoy informatsii po pozharam» [To provide statistical information on fires] // FGBOU VO IPSA GPS MChS Rossii. Obshchiy otдел. – 2017. – 10 avgusta.

4. *Uroki. izvlechennyye iz avariy Federal'noy sluzhby po ekologicheskomu. tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru (godovyye), (Elektronnyy resurs)* [Lessons. extracted from the accidents of the Federal environmental service. technological and nuclear supervision (annual) (Electronic resource)] – Rostekhnadzor. URL <http://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/>

5. Federalnyy zakon ot 22 iyulya 2008 goda №123-FZ «Tekhnicheskiy reglament o trebovaniyakh pozharnoy bezopasnosti» (s izmeneniyami i dopolneniyami) [Technical regulations on fire safety requirements].

6. GOST R 12.3.047-2012. SSBT. *Pozharnaya bezopasnost tekhnologicheskikh protsessov. Obshchiye trebovaniya. Metody kontrolya.* [Fire safety of technological processes. General requirements. Control method].

7. СП 156.13130.2014. *Stantsii avtomobilnyye zapravochnyye. Trebovaniya pozharnoy bezopasnosti.* [Car filling stations. Fire safety requirements].

8. СП 155.13130.2014 *Sklady nef'ti i nef'teproduktov. Trebovaniya pozharnoy bezopasnosti.* [Warehouses of oil and oil products. Fire safety requirements].

9. СП 13.13130.2009 *Atomnyye stantsii. Trebovaniya pozharnoy bezopasnosti (s Iz-*

meneniyem №1). [Nuclear power plants. Fire safety requirements (with Change N 1)].

10. *Obespecheniye pozharnoy bezopasnosti ustanovok po likvidatsii avariynykh prolivov nefti i nefteproduktov. Rekomendatsii* [Fire safety of oil and oil products spill response installations. Recommendations] of FGU VNIPO of EMERCOM of Russia and the PSD of EMERCOM of Russia. FGU VNIPO MChS Rossii i DND MChS Rossii. Soglasovany pismom DND MChS Rossii ot 2 iyulya 2008 g. №19-2-3-2261.

11. Prikaz ot 7 noyabrya 2016 g. №461 *Ob utverzhdenii federalnykh norm i pravil v oblasti promyshlennoy bezopasnosti «Pravila promyshlennoy bezopasnosti skladov nefti i nefteproduktov»*. [On approval of Federal regulations and rules in the field of industrial safety "Rules of industrial safety of oil and oil products warehouses].

12. Postanovleniye Pravitelstva Rossiyskoy Federatsii ot 25 aprelya 2012 g. №390 «O protivopozharnom rezhime». [On fire-prevention regime].

13. *Pravila ustroystva elektroustanovok* [Rules of electrical installations]. Izdaniye sedmoye. M.: NTs ENAS. 2004.

14. International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals. International chamber of shipping oil companies international marine forum international association of ports and harbors (IS-GOTT. Fifth Edition): Published and Printed by WITHERBY & CO. LTD. London EC1R 0ET. UK. 2007. – 418 P.

15. Stormwater Management Regulations: National Pollutant Discharge Elimination System. 40 CFR 122.26. URL: <http://www.spillcontainment.com/>

16. Spill Prevention, Control, and Countermeasures Rule. 40 CFR 112. URL: <http://spillsolutionscanada.com>

17. EPA Container Storage Regulation. 40 CFR 264.175. URL: <http://www.spillcontainment.com/>

18. Spill Prevention, Control and Countermeasure Act. Uniform Fire Code (UFC) 79.406. URL: <http://cotradeco.com>.

19. Shirayev E.V., Nazarov V.P. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2017, issue 3 (73) <http://academygps.ucoz.ru/ttb/2017-3/2017-3.html>.

Ширяев Евгений Викторович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

преподаватель

E-mail: shiryaeev@bk.ru

Shiryaev Evgeny Victorovich

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

lecturer

E-mail: shiryaeev@bk.ru

ПОЖАРОТУШЕНИЕ

УДК 614.842

ПРИМЕНЕНИЕ ПУСКОЗАРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОЖАРНОЙ И АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

В. А. ГОДЛЕВСКИЙ, М. А. КОЛБАШОВ, Ю. Н. МОИСЕЕВ

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: godl@yandex.ru, kolbashov@mail.ru, fireman13@mail.ru

В статье рассмотрены факторы, снижающие надежность пуска двигателей пожарных автомобилей и мотоприводов аварийно-спасательной техники при пожарно-спасательных работах. Особое внимание уделено проблеме затрудненного пуска двигателей при низкой температуре окружающего воздуха и неудовлетворительном состоянии бортовых аккумуляторных батарей. Приводится классификация современных пусковых и пускозарядных устройств, обеспечивающих надежный запуск двигателей в сложных условиях эксплуатации. Описаны возможности новых конструкций пусковых устройств на базе портативных аккумуляторных батарей нового поколения. Дана характеристика одного из современных, массово выпускаемых многофункциональных пусковых устройств, позволяющих производить без подзарядки десятки запусков автомобильного двигателя, мотопомп и другой техники, а также способных заряжать в полевых условиях осветительные фонари, устройства связи и другие приборы. Сформулированы рекомендации по оснащению пожарно-спасательных подразделений такими устройствами, которые могут служить в полевых условиях резервными источниками электроэнергии как для пуска ДВС автомобилей и мотоприводов, так и для подзарядки устройств связи.

Ключевые слова: Пожарный автомобиль, пожарная техника, надежность пуска, пусковое устройство, бустер, аккумуляторная батарея.

APPLICATION OF START UP AND CHARGE SOURCES BY EXPLOITATION OF FOR FIRE FIGHTING AND RESQUE TECHNIQUE

V. A. GODLEVSKIY, M. A. KOLBASHOV, Ju. N. MOISEEV

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: godl@yandex.ru, kolbashov@mail.ru, fireman13@mail.ru

The article discusses the factors that reduce the reliability of the launch fire engines and emergency rescue motor drives by fire and rescue operations. Special attention is paid to the problem of difficult engine start at low temperature of ambient air and poor condition of rechargeable batteries. The classification of modern launchers and start-charging devices to ensure reliable engine starting in difficult operating conditions is given. The possibilities of new designs of starting devices based on portable batteries new generations are described. The characteristic of one of the modern, massively produced multifunctional starters that allow produce the dozens of start-ups of the automobile engine, motor-pumps and other equipment, as well as those capable of charging in the field lighting lanterns, communication devices and other devices is given. The results of tests of portable launchers based on lithium-polymer batteries, which allow starting motor drives, with starters with an operating voltage of 6, 12 and 24 V are described. The recommendations for equipping fire and rescue engines of such devices that can serve in the field conditions as back-up sources of electricity for starting of cars and motor drives, and for recharging portable lighting devices and communication devices are formulated.

Key words: fire engine, fire equipment, start-up reliability, starting device, booster, car launcher rechargeable battery.

Введение

Подготовка пожарно-спасательного расчета к выезду на пожар или ЧС требует минимальных временных затрат [1]. Слаженные действия коллектива при выполнении всех подготовительных операций должны дополняться полноценной подготовкой транспортных средств и вывозимого оборудования. Важным моментом подготовки боевого расчета к выезду является обеспечение готовности автомобиля к пуску: наличие топлива и работоспособность топливоподающей системы, надежность системы зажигания, достаточная заряженность АКБ. Жесткие нормативы времени для выезда пожарно-спасательного расчета не дают времени на оперативную подзарядку батарей, потерявших емкость. Задача обеспечения надежного пуска двигателя аварийно-спасательной техники становится особенно актуальной, когда пуск приходится производить не в гараже, а на выезде, например, при тушении затяжных пожаров, вдали от стационарных источников электроснабжения.

В зимнее время, в особенности при сильно пониженной температуре надежность запуска двигателя резко снижается в основном из-за повышения пускового момента и снижения пускового тока. Для использования в этих случаях гаражные помещения оснащаются устройствами предпускового подогрева и мощными устройствами пуска. Традиционно эти устройства работают от электрической сети и обладают значительной массой, что не позволяет использовать эти приборы в качестве вывозимого оборудования [2].

Целью исследования является исследование возможности укомплектования на постоянной основе пожарных и аварийно-спасательных автомобилей портативными пускозарядными устройствами.

1. Проблема повышения надежности пуска автомобильных двигателей и моторприводов пожарной техники

Свинцовые силовые АКБ, несмотря на все улучшения, вносимые в их конструкцию за последние годы, не получили существенного продления срока их службы. Они стали требовать меньшего обслуживания, но по-прежнему после примерно трех лет службы их рабочая емкость начинает быстро снижаться, и уверенный запуск двигателя, особенно в холодное время года становится проблематичным. Негативно влияют на состояние АКБ также повышенная влажность и загрязненность моторного отсека. На поверхности АКБ быстро формиру-

ется токопроводящая пленка, ведущая к быстрому саморазряду батареи и ухудшению ее пусковых свойств.

Современный автомобиль для эксплуатации его при низких температурах становится все более энерговооруженным: он оснащается разнообразными устройствами электрического подогрева элементов кабины и специальной надстройки. Нагревательными системами могут быть снабжены: остекление кабины, зеркала заднего вида, подушки сидений, рулевое колесо, форсунки стеклоомывателей и другие элементы. При включении разных видов подогрева, и тем более, при низких оборотах двигателя (например, при городской езде) АКБ не успевает полностью восстанавливать заряд от бортового генератора, отчего снижается надежность последующих пусков.

Низкая температура окружающей среды не только снижает остаточную электрическую емкость АКБ, но и существенно повышает сопротивление движению в цилиндропоршневой системе и подшипниках ДВС, что иногда не позволяет при отрицательных температурах обеспечить двигателю вращение, достаточное для осуществления пуска. При таких обстоятельствах недорогие, мощные и надежные вспомогательные пусковые устройства могли бы существенно снизить риски возникновения задержек при развертывании пожарно-спасательных команд, следования их к месту пожарно-спасательных работ, запуске автономных моторприводов вывозимой техники.

Традиционно экстренный пуск при сниженной емкости штатной АКБ выполняли в гараже с применением специальных пусковых устройств. Они представляли собой стационарные, крупногабаритные, тяжелые (трансформаторного типа) мощные выпрямители, работающие от сети, которые были способны, помимо штатного аккумулятора, самостоятельно обеспечить большую пусковую электрическую мощность и быстро произвести пуск (рис. 1). Для замены описанных выше стационарных пускозарядных систем были предложены электрические конденсаторы большой емкости, способные при небольших массе и габаритах накапливать энергию, достаточную для нескольких последовательных пусков двигателя без подзарядки батареи конденсаторов. Недавно разработанные импульсные конденсаторы нового типа оказались пригодными для хранения электроэнергии на борту автомобиля. Такие конденсаторы повышенной емкости иногда называют «ионисторами» [3].



Рис. 1. Общий вид передвижных пускозарядных устройств трансформаторного типа с массой 45–75 кг

Главное преимущество такого устройства состоит в большей накопительной возможности (примерно на порядок) по сравнению с обычными конденсаторами. Это обеспечило мощность, выдаваемую кратковременно, и достаточную для «раскрутки» и запуска холодного двигателя. Такое техническое решение, впрочем, не обладало достаточной компактностью, предлагалось его использование не в носимом варианте, а путем монтажа на борту транспортного средства.

1) По типу источника питания. Устройства могут быть автономными (со встроенной аккумуляторной батареей) и с питанием от электрической сети. Несмотря на автономность и мобильность аккумуляторных батарей, в отличие от приборов сетевого питания, они требуют периодической подзарядки и техобслуживания.

2) По типу преобразователя напряжения. Бывают устройства трансформаторные и импульсные. Трансформаторные ЗУ построены на базе трансформатора напряжения, оснащаются выпрямителем. Трансформаторные установки тяжелы, имеют значительные габариты, их непросто транспортировать. Среди систем, генерирующих большие токи, большее распространение получили импульсные преобразователи (инверторы). Такие приборы гораздо легче, оснащены системами защиты от неверного включения и короткого замыкания. Кроме того, они намного легче и компактнее.

3) По методу зарядки. На практике применяются ЗУ постоянного тока, переменного, комбинированные. Чтобы не допускать перезарядки АКБ, применяют «интеллектуальные» зарядные системы, которые, в зависимости от состояния батареи применяют тот или иной алгоритм зарядки. В этом случае заряд может протекать в несколько стадий, с вариацией силы тока либо его пульсаций. Пульсации способны предотвращать сульфатацию аккумуляторных пластин или снимать ее последствия. Такие ЗУ способны также производить «тренировку» батарей путем последовательного цикла зарядов – разрядов, что обычно способствует повышению срока службы АКБ.

4) По времени зарядки. Приборы поддержки системы пуска делят на собственно зарядные (ЗУ), и пускозарядные (ПЗУ). Стандартные устройства используются для зарядки/подзарядки автоаккумулятора, чтобы восстановить емкость практически до номинальной. ПЗУ обладают способностью запустить двигатель при полностью разряженном (или даже отключенном) аккумуляторе.

В последние годы техника, создаваемая для задач аварийного пуска двигателя при неисправной АКБ, существенно обновилась, наша цель — раскрыть характеристики этих новых устройств, показать перспективы их использования в условиях борьбы с пожарами и последствиями ЧС. Существует несколько критериев классификации зарядных устройств (ЗУ) [4].

2. Пусковые ионисторы

В последние годы на современных легковых автомобилях можно встретить конденсаторные пусковые устройства, работающие совместно с классической аккумуляторной системой пуска. Это стало возможным благодаря разработке электрохимических импульсных конденсаторов сверхвысокой энергоемкости, которые оказались удобным средством хранения электрической энергии на борту автомобиля и получили название *суперконденсаторов* или *ионисторов*.

Главное преимущество суперконденсатора состоит в уникальной способности накапливать электрический заряд сверхвысокой плотности до 10 раз выше, чем в классических электролитических конденсаторах, и этим обеспечивать мощность импульсного разряда на стартерный электродвигатель с многократным превышением, по сравнению с обычной аккумуляторной батареей.

Электрохимические конденсаторы относятся к устройствам, накопление электрической энергии в которых происходит благодаря заряду двойного электрического слоя у каждой электродной пластины конденсатора. Двойной слой образован поверхностью металлического электрода и слоем адсорбированных на нем ионов электролита [5]. Такой электрический слой можно рассматривать как плоский конденсатор с двумя обкладками, емкость которого пропорциональна площади обкладок и обратно пропорциональна расстоянию между

ними. Так как расстояние между заряженной поверхностью металлического электрода и слоем ионов измеряется единицами ангстремов, то и удельная (приходящаяся на единицу объема и/или единицу массы) емкость ионистора значительно выше обычных конденсаторов.

Комбинированная система пуска (КСП), с применением ионистора, двигателей внутреннего сгорания для тягово-транспортных средств (стационарная КСП), устанавливается непосредственно на транспортное средство. КСП обеспечивает гарантированный запуск двигателей внутреннего сгорания в тяжелых условиях (при пониженном напряжении аккумуляторной батареи, при низкой температуре окружающей среды) и продляет срок службы аккумуляторной батареи. В этом случае максимальные пусковые токи снимаются с конденсатора.

Аккумулятор используется только для подзарядки конденсатора токами, небольшими по величине. Поэтому запуск ДВС возможен с аккумулятором, который не может обеспечить снятие большого пускового тока (глубокий разряд АКБ, несоответствие плотности электролита температуре эксплуатации, загрязнение электролита из окружающей среды). На рис. 2. показан общий вид конденсаторных батарей, номинальным напряжением 6 и 12 в, которые могут подключаться к бортовой сети постоянного тока и обеспечивать гарантированный пуск двигателя, независимо от степени разряженности АКБ.



Рис. 2. Батареи пусковых конденсаторов большой емкости (ионисторов), напряжением 6 и 12 В, обеспечивающие надежный старт двигателя

Современные автомобильные пускозарядные устройства иногда называют «бустерами». Эти внешние ПЗУ — компактные и лег-

кие аккумуляторы — «бустеры», способны дать пусковой импульс автомобилю с разряженной батареей. Многие модели позволяют использовать их и в режиме малого тока — для простой подзарядки АКБ. До недавнего времени ПЗУ представляли собой довольно тяжелые и объемные приборы, содержащие внутри корпуса классический свинцовый аккумулятор не очень большой емкости, однако, обеспечивающий достаточной величины пусковой ток.

Но главное, эти устройства были автономны, ими можно было пользоваться вне гаража, поскольку они обладали запасом электроэнергии. Однако, широкого распространения такие устройства не получили ввиду большого объема и веса, что делало проблематичным включать их в список вывозимого оборудования, тем более, что частота их использования незначительна [3]. К тому же эти приборы тоже разряжаются с прошествием временем, снижают заряд под воздействием холода, так что периодическая зарядка в стационарных условиях от электрической сети для них необходима.

3. Пусковые устройства на базе литиевых аккумуляторов нового поколения

После освоения нового типа электрических аккумуляторов — литий-ионных, литий-полимерных (LiPo) — было получено новое техническое решение, обеспечивающее многократный пуск двигателя с помощью легкого и малогабаритного (переносного) пускового устройства [0, 7]. Литиевые батареи позволили осуществить буквально революцию в области перезаряжаемых хранилищ электроэнергии, на порядок увеличив плотность энергии в них (рис. 3) [9].

Ряд моделей этих новых устройств, помимо задач аварийного пуска, получили также способность к зарядке одновременно нескольких мобильных устройств связи, что придало этим приборам дополнительные полезные возможности, особенности при эксплуатации в полевых условиях.

Электрическая емкость портативных пусковых устройств ограничена количеством перезаряжаемых элементов питания в их корпусе (обычно их количество 4-6). Каждый элемент, в зависимости от модификации, выдает напряжение порядка 3,6 В. Для того, чтобы заряжать от бустера мобильные устройства, они соединяются попарно, а для запуска двигателя через коммутационное устройство подключаются все элементы сборки одновременно.

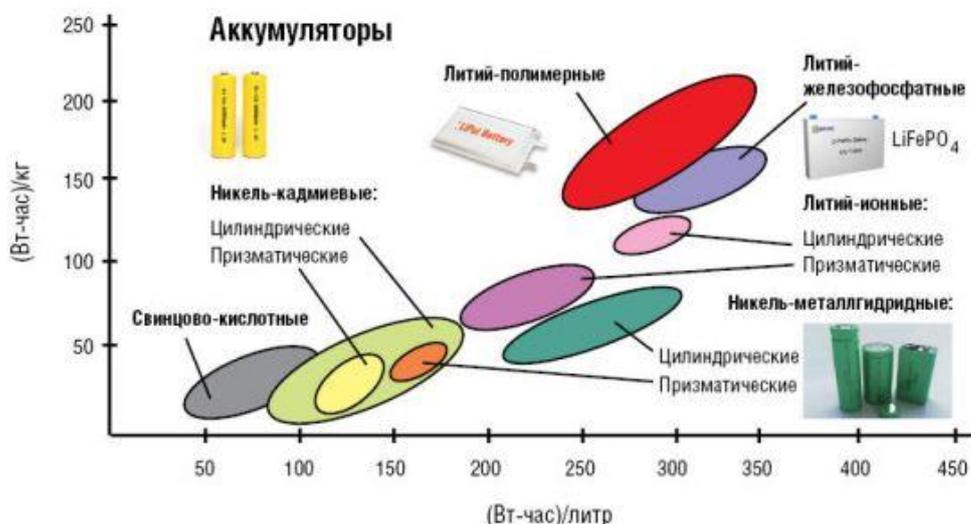


Рис. 3. Различия в плотности запасаемой электроэнергии для различных типов аккумуляторов [9]

Фактически получается, что реальная емкость пускового устройства примерно на порядок меньше, чем штатного автомобильного аккумулятора (соответственно примерно 5 и 50 Ач в случае легкового автомобиля). Однако способность батареи кратковременно выдавать большие токи показывает на практике достаточность такого объема хранимой энергии для нескольких надежных пусков автомобиля на холоде. В качестве примера на рис. 4. представлен пример компактного ПЗУ, выпускаемого серийно.



Рис. 4. Общий вид компактного автономного пускозарядного прибора, обеспечивающего пуск двигателя автомобиля («стартовый бустер»)

Стоимость данного устройства — 7400 руб. (2017 г). Характеристики: емкость — 5 Ач, имеется пятивольтовый выход USB типа для

зарядки гаджетов, «силовой» выход на 12 В (вариант — 24В) для пуска ДВС, максимальный стартовый ток 200–500 А.

На корпусе ПЗУ четыре кнопки управления режимами работы, индикатор уровня заряда (светодиодный, разноцветный, 4-секционный), два индикатора режима работы, светодиодный фонарь, вход для зарядки внутреннего аккумулятора и два выхода: один стандарта USB (5 В, 2А) и силовой разъем под автомобильные зажимы типа «крокодил», позволяющие быстро подсоединиться к бортовой сети (12 В, 202,5/405 А).

Размеры 192x122x47 мм. В комплекте зарядные устройства для внутреннего аккумулятора (220 В и 12 В) и силовые провода с зажимами типа «крокодил». Прибор помещен в сумку-органайзер размером 290x160x100 мм. Схема прибора обеспечивает защиту от короткого замыкания силового выхода. Производитель представленного на рис. 1. прибора объявляет о том, что полностью заряженный прибор способен произвести до 15–17 пусков холодного автомобильного двигателя рабочим объемом до 4 л [8].

В производственных программах ряда фирм производителей фигурируют и более мощные компактные модели ПЗУ, ориентированные на грузовые модели автомобилей, имеющие бортовую сеть 24 В и с пусковым током до 1100 А. На рис. 5 показан общий вид пусковых устройств, обеспечивающие большие пусковые токи для запуска двигателей большого рабочего объема, принадлежащих грузовым

автомобилям. Некоторые из них могут обслуживать бортовые сети с напряжением как 12, так и 24 В. Однако, имея в распоряжении два 12-вольтовых бустера, можно подключить их параллельно, чтобы запустить двигатель с 24-вольтовым электроснабжением (рис. 5, а–д). Для этого производители предлагают набор проводов с соответствующей коммутацией (рис. 5, е,ж).

Как правило, производителем таких приборов предусмотрены защитные системы от коротких замыканий, неправильного подключения и других случайных ошибок эксплуатации. Могут быть предусмотрены функции автоматической регулировки зарядного тока, реверсивного заряда, стабилизации напряжения.



800 А, 12 В

а



1200 А, 12 В

б



950 А, 12 В

в



800 А, 12–24 В

г



1000 А, 12–24 В

д



е



ж

Рис. 5. Общий вид некоторых портативных зарядных устройств, обеспечивающих достаточно большие пусковые токи для надежного пуска бензинового либо дизельного двигателя грузового автомобиля: а – д — типы устройств; е — параллельное подключения двух 12-вольтовых бустеров для пуска двигателя автомобиля с 24-вольтовым электроснабжением; ж — комплект проводов для параллельного подключения двух бустеров

Заключение

В настоящей статье дана характеристика современных тенденций в области новых конструкций ЗУ и ПЗУ, способных обеспечить эффективную подзарядку АКБ и пуск двигателя пожарного автомобиля или мотопривода пожарно-спасательного инструмента в условиях низких температур независимо от состояния АКБ.

1) Современные мощные ПЗУ на базе литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторов приобрели малый вес и компактность, что позволяет применять их в пожарно-спасательных подразделениях, в особенности они могут быть полезны при пожарно-спасательных работах на выезде.

2) Эффективность вывозимых ПЗУ, по нашему мнению, была бы более выраженной при длительных работах на выезде, например, в условиях тушения больших многодневных пожаров или ликвидации последствий больших катастроф, в местностях, где нарушено стационарное электроснабжение.

3) Возможность обеспечения этими приборами зарядки мобильных устройств связи является полезной функцией, в особенности в описанных выше экспедиционных рабочих условиях.

4) Портативными аккумуляторными системами пуска, по нашему мнению, должны оснащаться как пожарно-спасательные подразделения, так и отдельные транспортные средства этих служб.

5) Полагаем, что пожарно-спасательные подразделения преимущественно должны оснащаться 12-вольтовыми ПЗУ повышенной емкости, для обеспечения пуска двигателей разной мощности: автомобилем, мотоциклом, мотопомп и мотоинструмента.

6) Оснащение пожарных и спасательных подразделений описанными выше компактными пусковыми устройствами не должны приводить к большим материальным затратам, так как таким оборудованием может оснащаться лишь один автомобиль из нескольких, участвующих в тушении пожара или ликвидации последствий ЧС.

Список литературы

1. Основная задача на пожаре. Порядок выезда и следования. Сбор и возвращение в подразделение // <https://fireman.club/presentations/osnovnaya-zadacha-na-pozhare-poryadok-vyezda-i-sledovanie-sbor-i-vozvraschenie-k-mestu-postoyannogo-raspolozheniya/>

2. Обзор зарядных и пуско-зарядных устройств // <https://www.220-volt.ru/articles/obzor-zaryadnyh-i-puskozaryadnyh-ustroystv/>

3. Годлевский В.А., Моисеев Ю.Н., Назаров Г.Е., Федотов Е.В. Проблема пуска двигателей аварийно-спасательной техники // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сб. мат-лов II межвузовского научно-практич. семинара аспирантов, студентов, курсантов и слушателей. Иваново: ИВИ ГПС МЧС России, 2012. С. 157–160.

4. Классификация зарядных устройств для аккумуляторов // <https://ukrenergy.dp.ua/2014/08/18/klassifikaciya-zaryadnyh-ustrojstv-dlya-avtomobilnyh-akkumulyatorov.html>

5. Розанов Д. Вся правда про аккумуляторы // <https://www.drive2.com/b/1642625/>

6. Садовников А. В., Макачук В. В. Литий-ионные аккумуляторы // Молодой ученый. 2016. №23. С. 84-89.

7. Современные Li-ion аккумуляторы. Типы и конструкция. // Компоненты и технологии. 2013. № 11. С. 67–74.

8. Тестируем автомобильные пуско-зарядные устройства (стартовые бустеры) // http://www.autodela.ru/main/top/test/pusko_zarid_test_berkut_carku_d-lex_neoline

9. Сравнение аккумуляторов различных типов // <https://nature-time.ru/2014/06/sravnenie-akkumulyatorov-razlichnyih-tipov/>

References

1. Osnovnaya zadacha na pozhare. Poryadok vyezda i sledovaniya. Sbor i vozvrashchenie v podrazdelenie // <https://fireman.club/presentations/osnovnaya-zadacha-na-pozhare-poryadok-vyezda-i-sledovanie-sbor-i-vozvraschenie-k-mestu-postoyannogo-raspolozheniya/>

2. Obzor zaryadnyh i pusko-zaryadnyh ustrojstv // <https://www.220-volt.ru/articles/obzor-zaryadnyh-i-puskozaryadnyh-ustroystv/>

3. Godlevskij V.A., Moiseev Yu.N., Nazarov G.E., Fedotov E.V. *Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov* [Reliability and dura-

bility of machines and mechanisms]. Ivanovo: Ivl GPS MChS Rossii, 2012, pp. 157–160.

4. Klassifikaciya zaryadnyh ustrojstv dlya akkumulyatorov. <https://ukrenergy.dp.ua/2014/08/18/klassifikaciya-zaryadnyx-ustrojstv-dlya-avtomobilnyx-akkumulyatorov.html>

5. Rozanov D. *Vsya pravda pro akkumulyatory* [The whole truth about batteries]. www.drive2.com/b/1642625/

6. Sadovnikov A. V., Makarchuk V. V. *Molodoj uchenyj*, 2016, issue 23, pp. 84–89.

7. Sadovnikov A. V., Makarchuk V. V. *Molodoj uchenyj*, 2013, issue 11, pp. 67–74.

8. Testiruem avtomobil'nye pusko-zaryadnye ustrojstva (startovye bustery).

http://www.autodela.ru/main/top/test/pusko_zarid_test_berkut_carku_d-lex_neoline

9. Sravnenie akkumulyatorov razlichnyh tipov // <https://nature-time.ru/2014/06/sravnenie-akkumulyatorov-razlichnyih-tipov/>

Годлевский Владимир Александрович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Российская Федерация, г. Иваново
доктор технических наук, профессор
E-mail: godl@yandex.ru

Godlevskiy Vladimir Alexandrovich

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: godl@yandex.ru

Колбашов Михаил Александрович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент.

Kolbashov Michail Alexandrovich,

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
cand. of techn. sci., dozent.
E-mail: kolbashov@mail.ru

Моисеев Юрий Николаевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Российская Федерация, г. Иваново.

Начальник кафедры эксплуатации пожарной техники, средств связи и малой механизации.

Moiseev Juriy Nikolajevich,

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
head of dept. of fire technique exploitation, communication means and small mechanization
E-mail: fireman13@mail.ru

УДК 620.19

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТРАНСМИССИЙ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИМЕНЕНИЕМ СМАЗОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

В. В. КИСЕЛЕВ, Н. А. КРОПотова, В. П. ЗАРУБИН, А. А. ПОКРОВСКИЙ

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: slavakis76@mail.ru, nzhirova@yandex.ru, docent432@yandex.ru, aapokrovsky@mail.ru

В статье приведен обзор типовых неисправностей пожарных автомобилей на примере ФГКУ «СПСЧ ФПС по Ярославской области». Выявлено, что достаточно часто причинами неисправностей является выход из строя деталей трансмиссий пожарных автомобилей. Предложена для улучшения триботехнических характеристик трансмиссионных масел трабоактивная добавка на основе солей мягких металлов жирных кислот. Проведены исследования разработанной присадки, выявлены ее положительное влияние на свойства трансмиссионных масел.

Ключевые слова: ремонт; автомобиль; техническое обслуживание.

INCREASES IN DURABILITY OF TRANSMISSIONS OF FIRE TRUCKS APPLICATION OF LUBRICANT COMPOSITIONS

V. V. KISELEV, N. A. KROPOTOVA, V. P. ZARUBIN, A. A. POKROVSKIY

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: slavakis76@mail.ru, nzhirova@yandex.ru, docent432@yandex.ru, aapokrovsky@mail.ru

The article provides an overview of typical failures of fire trucks on the example of FGKU "SPSCH FPS in the Yaroslavl region." It has been revealed that quite often the causes of malfunctions are the failure of transmission parts of fire engines. A traboactive additive based on soft metal salts of fatty acids has been proposed to improve the tribotechnical characteristics of transmission oils. The researches of the developed additive have been carried out, its positive influence on the properties of transmission oils has been revealed.

Key words: repair; car; maintenance.

Особое место в отрасли транспортного машиностроения занимает развитие производств противопожарной и спасательной техники. Все мы понимаем, что без современной и мощной научно-технической базы невозможно решить весь комплекс проблем, связанных с обеспечением защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Как известно, сердцем любого пожарного автомобиля является его двигатель, тогда детали трансмиссии автомобиля можно назвать жизненно-важными артериями, по которым передается механическая энергия к исполнительным агрегатам. От надежности элементов трансмиссии автомобиля зависит возможность или невозможность его эксплуатации по назначению.

Что касается двигателя, то для его смазки на рынке предлагается широкий перечень самых разнообразных смазочных материалов от отечественных и иностранных производителей. Ассортимент смазочных материалов для трансмиссий весьма ограничен, их триботехнические характеристики не всегда высоки. Также был проведен анализа парка пожарной техники ФГКУ «СПСЧ ФПС по Ярославской области». Выявлено, что в составе 28 единиц автотранспортной техники пожарно-спасательной части входит 102 узла и агрегата относящихся к элементам трансмиссии автомобилей.

На рис. 1 представлены данные, которые показывают, что большой процент отказов приходится именно на нарушение работоспособности трансмиссии пожарных автомобилей. На неисправности деталей трансмиссии пожарной техники, согласно оперативным данным, также полученным из ФГКУ «СПСЧ ФПС по Ярославской области» приходится порядка 25% от общего числа всех поломок. Поэтому улучшение качества смазочных материалов, предназначенных для элементов трансмиссий пожарных автомобилей, является важной хозяйственной задачей, которая и осуществлялась в данной работе.

Именно поэтому в ходе следующего этапа была разработана и исследована противоизносная присадка для улучшения качественных показателей трансмиссионных масел. Смазочная композиция разработана на основе солей меди и олова предельных жирных кислот, преимущественно стеариновой кислоты. Металлические компоненты находятся в смазке в ионном виде. Это одно из основных преимуществ разработанной смазочной добавки, поскольку трибоактивные элементы не будут задерживаться системами фильтров в процессе эксплуатации узлов.

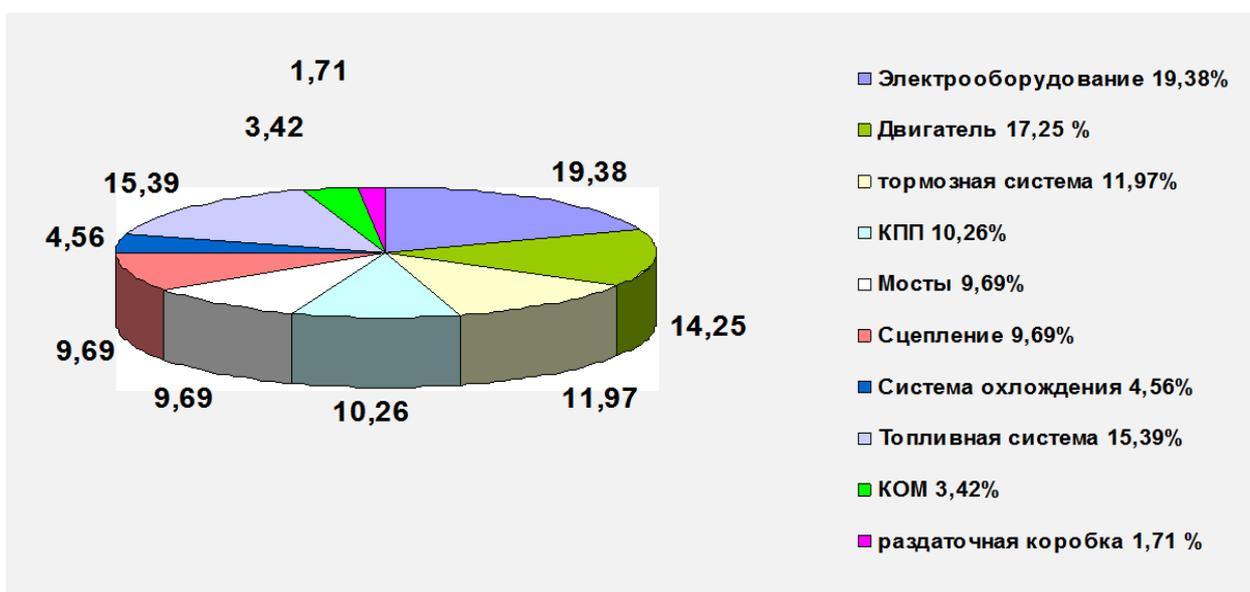


Рис. 1. Распределение отказов по типам узлов и систем пожарных автомобилей

Исследование триботехнических характеристик планируется проводить с помощью экспериментальной установки - триботехнический маятник. Ее схема представлена на рис. 2. Принцип работы экспериментальной установки основан на принципе действия физического маятника. Величина отклонения стрелы (6) от вертикального положения позволяет определять значение момента трения, по которому определялся коэффициент трения в трущейся паре – втулка-образец – вал. Установка подвешивается на валу, закрепленном в шпинделе токарно-винторезного станка, имеющего несколько фиксированных скоростей вращения. Нагрузка на пару трения регулируется ступенчато при помощи сменных грузов (8).

При исследовании износостойкости образца в трансмиссионном масле с разработанной присадкой режимы трения были выбраны усредненными, применительно к режимам работы большинства узлов трения машин и механизмов.

Определение линейного износа производилось методом «искусственных баз». На валу экспериментальной установки наносились отпечатки при помощи твердосплавного индентора конической формы. Производился замер диаметров отпечатков до трения и после заранее планируемого пути скольжения. Разница диаметров отпечатков позволяла определять значение интенсивности износа поверхности вала.

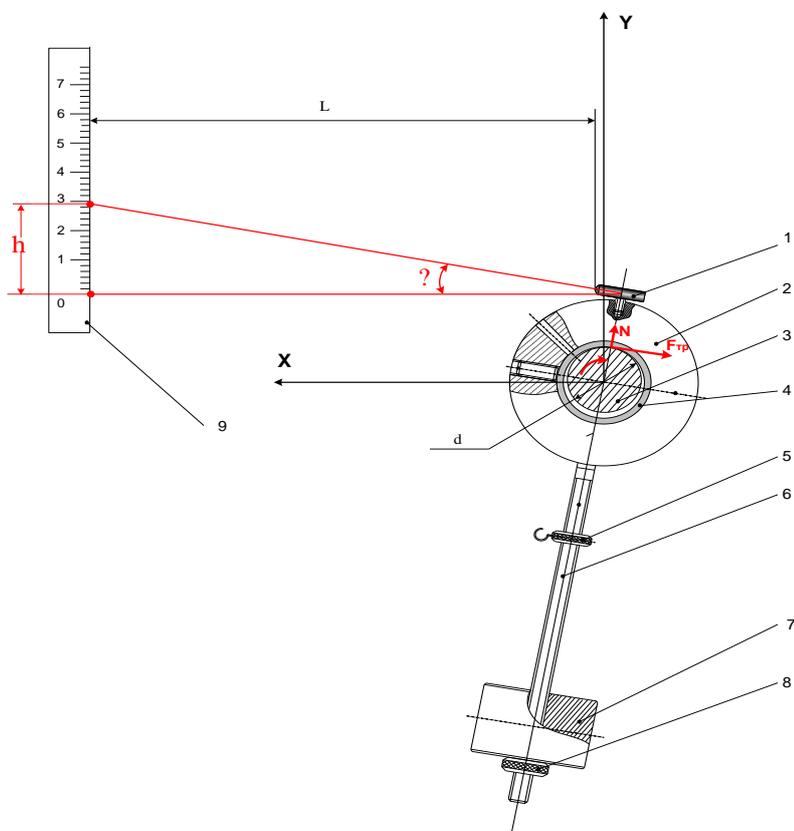


Рис. 2 Триботехнический маятник:

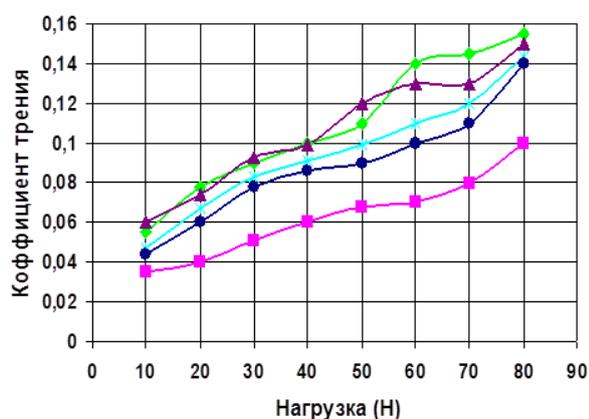
- 1 – источник когерентного излучения,
- 2 – муфта,
- 3 – вал,
- 4 – втулка-образец,
- 5 – гайка с крючком,
- 6 – стержень,
- 7 – груз,
- 8 – контргайка,
- 9 – шкала измерительная

Далее в работе приводятся результаты проведенных экспериментов – это зависимость коэффициента трения от нагрузки и зависимость интенсивности изнашивания от приложенной нагрузки при фиксированном пробеге. Не случайно, именно данные триботехнические характеристики были выбраны для оценки качественных показателей разработанной смазочной композиции, поскольку они дают возможность судить о ее влиянии на качественные показатели масла.

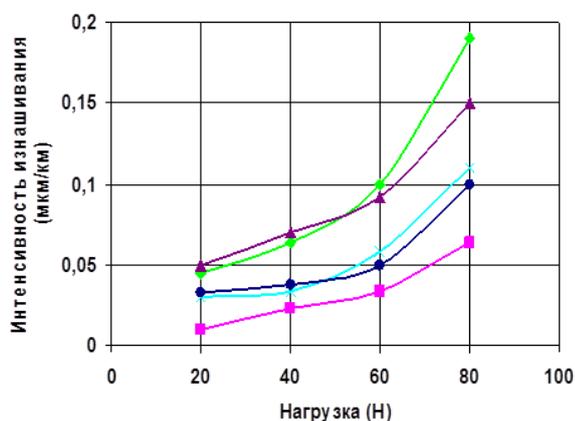
В качестве базового (испытываемого) масла было выбрано трансмиссионное масло зарекомендовавшего себя производителя – формы Total. Данная фирма производит смазочные материалы широкой номенклатуры: моторные масла для дизельных и бензиновых двигателей, трансмиссионные масла, гидравлические и так далее. По отзывам многих автомобилистов продукция данной фирмы является весьма качественной, поэтому при наличии положительных результатов по улучшению масел данного производителя можно судить об эффективности разработанной трибоактивной добавки.

Разработанная смазочная композиция растворялась в трансмиссионном масле Total 75W-90. В ходе исследования были построены трибограммы, представленные на рис. 3: это зависимость коэффициента трения от нагрузки с использованием модифицированного масла Total 75W-90 при различных скоростях скольжения и зависимость интенсивности изнашивания поверхности трения от нагрузки при различных скоростях скольжения для модифицированного масла Total 75W-90. Скорости варьировались от предельно низких, составляющих около 0,5 м/с до повышенных – порядка 2 м/с. Таким образом, моделировались различные режимы работы деталей трансмиссий автомобилей.

Была проведена серия экспериментов, при которой нагрузка на испытываемый образец изменялась в диапазоне от 10 Н до 80 Н. В абсолютных значениях эти нагрузки нельзя назвать существенными, тем не менее, следует учитывать фактическую площадь контакта трущихся деталей. С учетом этого показателя значения давлений в месте контакта трущихся деталей составляли соответственно от 2 до 16 МПа, что является достаточно существенным.



а)



б)

Рис. 3. Зависимость коэффициента трения от нагрузки при скорости скольжения 1 м/с с различными концентрациями присадки в масле Total 75W-90 (а) и зависимость интенсивности изнашивания от нагрузки (б) при скорости скольжения 1 м/с с различными концентрациями присадки в масле Total 75W-90:

- ◆ – масло Total 75W-90 с 1 масс. % присадки; x - масло Total 75W-90 с 1,5 масс. % присадки; ■ – масло Total 75W-90 с 2 масс. % присадки; ● - масло Total 75W-90 с 2,5 масс. % присадки; ▲ - масло Total 75W-90 с 3 масс. % присадки

Испытуемое трансмиссионное масло Total 75W-90 подтвердило хорошие трибологические характеристики. Значение коэффициента трения не превысило 0,15 при пиковых нагрузках, а интенсивность износа составляла не более 0,18 мкм/км, что также указывает на высокое качество базового смазочного материала. Тем не менее, анализ представленных трибограмм свидетельствует о положительном эффекте, достигаемым за счет введения в базовое масло разработанной смазочной композиции. Наилучший эффект от применения разработанной смазочной трибодобавки наблюдается при ее концентрации в базовом масле 2 масс. %, тогда как слабые концентрации (1 – 1,5 масс. %) не повлияли на триботехнические свойства базового масла. Концентрация присадки в базовом масле 3 масс. % и более также не приводят к желаемому эффекту, вместе с тем приводят к значительному удорожанию конечного продукта. Таким образом, оптимальной концентрацией разработанной и испытанной трибодобавки будет 2 масс.%. Введение в испытуемое трансмиссионное масло разработанной трибодобавки с концентрацией 2 масс. % позволило снизить коэффициент трения от 30 до 40% практически во всем диапазоне нагрузок, а также существенно снизить интенсивность износа поверхностей трения – от 2 до 2,5 раз. Выявленные показатели свидетельствуют о существенном положительном влиянии трибоактивной добавки на базовое масло.

На основании вышеизложенного можем сделать вывод о том, что применение разработанной трибоактивной добавки к смазочным маслам и смазкам, в частности к трансмиссионному маслу, позволит добиться значительных положительных результатов. Снижение интенсивности износа трущихся поверхностей должно привести к увеличению срока службы деталей трансмиссий пожарных автомобилей, сократить затраты на внеплановые ремонты оборудования в случае поломок, экономить расходы на топливо.

Важным достоинством разрабатываемой присадки является ее химическая нейтральность ко всем видам минеральных и полусинтетических масел отечественного и импортного производства.

Список литературы

1. Киселев В.В., Мельников В.Г. Исследование свойств разработанных присадок на основе солей мягких металлов // Эффект

безызносности и триботехнологии. 2004. №1. С. 16–20.

2. Киселев В.В. К проблеме улучшения триботехнических свойств смазочных материалов // Известия высших учебных заведений.

Химия и химическая технология. 2006. Т.49. № 12. С. 113–114.

3. Зарубин В.П., Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В., Мельников А.А. Перспективы применения нанопорошков силикатов в смазочных материалах, используемых в пожарной технике // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22. № 5. С. 65–70.

References

1. Kiselev V.V., Melnikov V.G. Issledovanie svoystv razrabotannyh prisadok na osnove solej m'jagkih metallov [The study of the properties of the developed additives based on soft metal salts]. *The effect of wearlessness and tribotechnology*, 2004, №1, pp. 16–20.

2. Kiselev V.V. K probleme uluchsheniya tribotekhnicheskikh svoystv smazochnykh materialov [To the problem of improving the tribotechnical

properties of lubricants]. *Proceedings of higher educational institutions. Chemistry and chemical technology*, 2006, vol. 49, issue 12, pp. 113–114.

3. Zarubin V.P., Kiselev V.V., Toporov A.V., Puchkov P.V., Melnikov A.A. Perspektivy primeneniya nanoporoshkov silikatov v smazochnykh materialah, ispol'zuemykh v pozharnoj tehnikе [Prospects for the use of silicate nanopowders in lubricants used in fire fighting equipment. Fire and explosion safety]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2013, vol. 22, issue 5, pp. 65–70.

Киселев Вячеслав Валерьевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент

E-mail: slavakis76@mail.ru

Kiselev Vyacheslav Valeryevich

Federal State budgetary education Institution of higher «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State

Firefighting Service if the Ministry if the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination if

Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of tech. sciences, assistant professor

E-mail: slavakis76@mail.ru

Кропотова Наталья Анатольевна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат химических наук

E-mail: nzhirova@yandex.ru

Kropotova Natalya Anatolyevna

Federal State budgetary education Institution of higher «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State

Firefighting Service if the Ministry if the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination if

Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of chemical sciences

E-mail: nzhirova@yandex.ru

Зарубин Василий Павлович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент

E-mail: docent432@yandex.ru

Zarubin Vasilij Pavlovich

Federal State budgetary education Institution of higher «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State

Firefighting Service if the Ministry if the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination if

Consequences of Natural Disasters»,

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (12) – 2019

Russian Federation, Ivanovo
candidate of tech. sciences, assistant professor
E-mail: docent432@yandex.ru

Покровский Аркадий Алексеевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент

E-mail: aapokrovsky@mail.ru

Pokrovskiy Arkadiy Alekseevich

Federal State budgetary education Institution of higher «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

candidate of tech. sciences, assistant professor

E-mail: aapokrovsky@mail.ru

УДК 355.41

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ОСНАЩЕНИЮ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ

И. В. САРАЕВ, А. Г. БУБНОВ, Ю. Н. МОИСЕЕВ

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: saraev-i-v@mail.ru, bubag@mail.ru, fireman13@mail.ru

В статье представлен сравнительный анализ методов поддержки управленческих решений по оснащению пожарно-спасательных подразделений МЧС России с подробным их описанием. Представленные методы проанализированы с точки зрения выбора различного пожарно-технического вооружения. Выявлено, что на сегодняшний день отсутствует адаптируемая методика выбора пожарно-технического вооружения посредством применения которой возможно осуществить техническое оснащение пожарно-спасательных подразделений МЧС России.

Ключевые слова: выбор, пожарно-техническое вооружение, техническое оснащение, МЧС России, пожарно-спасательные подразделения.

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF SUPPORTING MANAGEMENT DECISIONS ON EQUIPMENT OF FIRE-RESCUE DIVISIONS OF EMERCOM OF RUSSIA

I. V. SARAYEV, A. G. BUBNOV, Yu. N. MOISEEV

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, bubag@mail.ru, fireman13@mail.ru

The article presents a comparative analysis of methods to support management decisions on equipping fire and rescue units of the Emergencies Ministry of Russia with a detailed description of them. The presented methods are analyzed from the point of view of application for the selection of various fire and technical equipment. It is revealed that today there is no adaptable method for selecting fire-technical equipment through the use of which it is possible to carry out the technical equipment of the fire and rescue units of the EMERCOM of Russia.

Key word: selection, fire and technical equipment, technical equipment, EMERCOM of Russia, fire and rescue units.

Введение

Для ликвидации последствий ЧС природного и техногенного характера пожарно-спасательными подразделениями (ПСП) МЧС России используется значительное количество пожарно-технического вооружения (ПТВ).

Поскольку темп и эффективность спасательных работ при ликвидации последствий ЧС природного и техногенного характера во многом зависит от целого спектра факторов [1], выбор предпочтений по параметрам оптимальности при оснащении ПСП в условиях ограниченных ресурсов имеет одно из наиболее важных значений [2].

В зависимости от характера работ могут применяться как гидравлический аварийно-спасательный инструмент (ГАСИ) – для разбора всевозможных завалов практически без мускульных затрат пожарного (спасателя), так и пожарные рукава (ПР) – для транспортировки огнетушащих веществ к месту пожара, а также для перекачки питьевой воду в условиях разрушенной инфраструктуры, а также средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД) пожарного (спасателя) – для защиты органов дыхания и зрения пожарного (спасателя) при выполнении работ в условиях непригодной для дыхания среды (сильное задымление, высвобождение отравляющих веществ и т.п.). Таким образом в рамках данной работы будут рассмотрены методы и методики, которые применимы относительно выбора такого ПТВ, как ГАСИ, ПР и СИЗОД.

Цель работы

Выявить и проанализировать спектр методов и методик, с помощью применения которых возможно осуществить наиболее рациональное управленческое решение по выбору различного ПТВ, с последующим оснащением ПСП МЧС России.

Для достижения поставленной цели работы необходимо решить несколько **задач**, а именно:

- 1) корректное (наиболее точное) формулирование информационного запроса для заинтересованных лиц;
- 2) определение возможных источников информации;
- 3) поиск и анализ полученной информации из выявленных массивов данных;
- 4) оценка результатов поиска.

Для достижения цели работы были применены такие **методы**, как адресный поиск, семантический поиск, документальный поиск и фактографический поиск информации [3, 4].

Полученные результаты

Авторами работы [5] за основу решения подобной задачи – при выборе «портфеля антирисковых программ» – был взят алгоритм редукции переменных для решения односложной задачи с единственным ограничением, эффективность которого подтверждена экспериментально уже авторами [6]. Ими процесс решения такой задачи был разбит на несколько этапов «первый – редукция переменных, ведущая к значительному сокращению размерности задачи, и второй – определение оптимальных значений, оставшихся (нередуцированных) переменных за счёт эффективного использования динамического программирования». Следует отметить, что этапы решения

такой структурированной задачи весьма громоздки и сложны для применения на практике.

В настоящее время для выбора наиболее эффективного ГАСИ применяют несколько методических подходов с помощью которых возможен отбор того или иного комплекта ГАСИ [7–12], отвечающих предъявляемым требованиям.

Обзор вариантов (методов), следует начать со сравнительной оценки технических параметров ГАСИ, поскольку она не предполагает финансовых затрат и её можно разделить на две группы – основных и дополнительных параметров [7]. Основные, или эксплуатационные параметры:

- 1) количество различных операций, выполняемых одним рабочим инструментом;
- 2) величина рабочего хода;
- 3) длительность выполнения (время) рабочих операций;
- 4) время подготовки к выполнению рабочих операций;
- 5) рабочее усилие;
- 6) надёжность.

Дополнительные параметры:

- 1) рабочее давление в гидросистеме;
- 2) масса;
- 3) габариты;
- 4) экономичность;
- 5) эргономические характеристики;
- 6) мобильность;
- 7) транспортабельность;
- 8) стоимость.

Показателям надёжности и стоимости комплектов ГАСИ, как мы видим, в [7] отведено далеко не первоочередное значение. В общем и целом, эта методика применима, но не предполагает учёта специфики (климатической, топографической, экономической и т.д.) субъекта Российской Федерации, на котором расположено то или иное ПСП, а также не предполагает учёта показателей его надёжности.

Следующий выявленный нами подход – методика оценки эффективности ГАСИ, представленная в работе [8] и заявленная авторами как «подход с научной точки зрения». В представленной методике для сравнительной оценки эффективности ГАСИ, часто используемого при ликвидации последствий ЧС, предлагается проводить его оперативную оценку, которая позволит определить показатели эффективности комплектов ГАСИ по исходным данным, полученным в ходе проведения реальных сравнительных испытаний на базе ПСП. Сравнительные испытания комплектов ГАСИ предполагают однотипные требования в равных условиях к каждому из комплектов [8].

Там же представлены параметры и величины для оценки ГАСИ. Технические параметры:

- 1) количество выполняемых с помощью одного элемента ГАСИ операций;
- 2) рабочий ход элемента при выполнении операций (диаметр и толщина перерезаемого либо перекусываемого материала, стягивание либо раздвигание элементов конструкций);

параметры конструкции:

- 1) масса рабочего элемента;
- 2) масса рабочего оборудования;
- 3) габаритные размеры изделия.

Эсплуатационные параметры [8]:

- 1) время, затрачиваемое на выполнение базовых операций (резка, перекусывание, стягивание, раздвигание и т. п.);
 - 2) время, затрачиваемое на подготовку ГАСИ к работе (время приведения ГАСИ в рабочее состояние);
 - 3) эргономика;
 - 4) показатели надёжности;
- Параметры стоимости [8]:
- 1) стоимость рабочего элемента;
 - 2) стоимость комплекта;
 - 3) эксплуатационные затраты.

Вычисления параметров эффективности ГАСИ в работе [8] проводились по формулам, приведённым ниже. Показатель эффективности $K_э$ комплектов ГАСИ:

$$K_э = \frac{Q_n}{(G_U + G_0) + (C_U + C_0)}, \quad (1)$$

где Q_n – единица эталонной работы, выполняемая n -м набором; G_U – масса рабочего инструмента, кг; G_0 – масса рабочего оборудования, кг; C_U – стоимость рабочего инструмента, руб.; C_0 – стоимость рабочего оборудования, руб.

Коэффициент подготовки к работе K_{II} комплекта ГАСИ определяется по формуле:

$$K_{II} = \frac{t_H - 0.1t}{t_H}, \quad (2)$$

где t_H – нормативное время подготовки к работе, с; $t_{ф}$ – фактическое время подготовки к работе, с.

При сравнительной оценке комплектов ГАСИ за нормативное время подготовки его к работе (t_H) принимается минимальный временной показатель подготовки к работе из числа сравниваемых комплектов ГАСИ.

Масса (G_0) рабочего оборудования определяется по формуле:

$$G_0 = G_H + G_{II}, \quad (3)$$

где G_H – масса насоса (насосной станции), кг; G_{II} – масса рукавов высокого давления (катушки со шлангами), кг.

Стоимость C_0 рабочего оборудования определяется по формуле:

$$C_0 = C_H + C_{III}, \quad (4)$$

где C_H – стоимость насоса (насосной станции), руб.

В качестве эталонной работы (Q_n) рассматривается разрезание, перекусывание различных металлических профилей, перемещение груза установленной массы или его подъём. В этом случае:

$$K_э = \frac{K_n \cdot \sum_{i=1}^K \frac{S_i}{t_i}}{(G_U + G_0) + (C_U + C_0)}, \quad (5)$$

где K – количество операций, выполненных рабочим инструментом; S_i – рабочий ход при выполнении i -й операции, мм; t_i – время выполнения i -й операции, с.

Показатель эффективности комплекта ГАСИ (полного) равен сумме этих показателей наборов образцов, определяемых по формуле ($K_э$), единицей измерения показателя эффективности ($K_э$) является (мм/с)/кг·руб.

Оценка эффективности элементов и комплектов ГАСИ [8] должна проводиться в условных единицах. Дополнительными параметрами при оценке элементов и комплектов ГАСИ могут быть габаритные размеры (l, b, h). Их целесообразно применять в случаях, когда основной показатель эффективности ($K_э$) имеет равную величину для сравниваемых образцов ГАСИ. Наиболее эффективным элементом или комплектом ГАСИ считается тот, который имеет высший показатель (сумму показателей) эффективности по сопоставлению с комплектами-аналогами, что соответствует условию [8]:

$$K_э \rightarrow \max, \\ \{l, b, h\} \rightarrow \min.$$

По результатам оценки по приведённым выше формулам могут [8] быть сделаны выводы о сроке и соответственно, о величине эксплуатационных затрат, связанных с рассматриваемым комплектом. Общая сумма затрат на представленный образец складывается из величины стоимости самого образца и суммы затрачиваемой на его эксплуатацию. Полученные цифры совместно со сроком эксплуатации комплекта определяют второй важный показатель эффективности – величину экономического показателя надёжности. Технический уровень элемента – третий ключевой параметр – получается вследствие оценки эргономических характеристик элемента, надёжности его работы, технических возможностей и производительности данного комплекта [8].

С помощью представленной выше методики были проведены сравнительные испытания комплектов ГАСИ на базе Центрального аэромобильного спасательного отряда МЧС России [8]. Из сравниваемых отечественных комплектов ГАСИ высокие результаты показал комплект фирмы «СПРУТ». Номенклатура представленного комплекта включала полный комплект инструмента, необходимого для выполнения базовых операций при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ по ликвидации последствий ЧС. Комплект ГАСИ фирмы «КОМБИТЕХ» по своим конструктивным и техническим характеристикам близок к комплекту фирмы «СПРУТ» и, согласно представленным данным, занял второе место.

Представленная в [8] методика охватывает более широкие критерии выбора комплекта ГАСИ, по сравнению с [7]. Эффективность инструмента в ней определяется как сумма скоростей выполнения базовых операций ГАСИ, сведённый к его стоимости и массе. Но этого, может быть недостаточно для определения наиболее предпочтительного ГАСИ, т.к. не учтены показатели его надёжности. Из слабых сторон методики также можно выделить отсутствие учёта специфики субъекта Российской Федерации, на котором расположено то или иное ПСП МЧС России. Нельзя забывать о том, что не каждое ПСП может провести такие скрупулёзные испытания в силу различных обстоятельств. Кроме того, по этой методике не представляется возможным осуществление выбора другого ПТВ (например, ПР и СИЗОД) – т.е. она неприменима к другим видам ПТВ.

Методика, изложенная в [9], предполагает обобщение показателей технических характеристик, полученных с помощью метода

анализа размерностей оборудования и приведение полученных данных к безразмерным комплексным показателям. В числителях приводимых авторами [9] уравнений отражена полезная работа, а в знаменателях – затрачиваемая работа, необходимая для достижения полезного эффекта (потенциальная энергия). Другими словами, оценка эффективности и отдельных элементов, и комплекта ГАСИ в целом сводится к сравнению полученных в ходе расчётов величин коэффициентов технического эффекта зондируемых образцов, и, чем выше показатель этого коэффициента, тем выше его эффективность. Можно отметить, что данный подход [9] достаточно универсален, поскольку построен на общепризнанных методах аналогии и анализа размерностей сравниваемых показателей, а также с его помощью сформирован условный комплект ГАСИ, имеющий максимальные значения эффективности по сравнению с другими комплектами. Но, как и в предыдущих, рассмотренных нами методах, в [9] не учитываются требования к показателям надёжности (в частности, вероятности отказа и/или наработке на отказ) как отдельных образцов, так и комплектов ГАСИ в целом. Т.е., на основе данного подхода затруднительно создать методику, учитывающую предпочтительность одновременно по надёжности и эффективности применения ПТВ.

За базу вновь создаваемого методического подхода, по нашему мнению, можно было бы взять методику [10], основанную на расчёте показателя вероятности безотказной работы (ВБР) оборудования, опираясь на закон распределения Вейбулла. Отметим, что полученные по ней результаты для жидкостной ракетной установки позволяют оценить ВБР и для элемента ПТВ, и комплекта ГАСИ в целом. Одной из основных проблем, решаемых данной методикой, является определение ВБР оборудования к концу срока эксплуатации с учётом возникновения внезапных отказов. Из недостатков можно выделить опять-таки громоздкость и запутанность проводимых расчётов, т.к. методика требует определённых знаний, связанных с преобразованиями качественных и количественных показателей ПТВ в математические переменные с решением дифференциальных уравнений второго порядка, и не каждое лицо, принимающее решение (ЛПР) сможет ей воспользоваться в целях отбора ПТВ для комплектования ПСП МЧС России.

В работе [11] рассматривается методический подход к выбору различного оборудования, необходимого для проведения аварий-

но-спасательных и других неотложных работ. Основной упор делается на определение критерия качества оборудования и оценку его эффективного применения, которые определяются в порядке, изложенном ниже.

Сначала рассчитывается показатель комплексной многокритериальной оценки качества оборудования, который представляет собой интегральный критерий качества,

$$K = \max_j \left| \frac{W}{W^{TP}} \right|, \quad (6)$$

где W – технико-эксплуатационное качество оборудования; W^{TP} – требуемое качество оборудования.

Исходя из специфики эксплуатации оборудования, следует, что целесообразно проводить оценку его качества по отдельным показателям каждой группы свойств:

$$W_j = \sum_{i=1}^n m_{ij} \cdot g_{ij}, \quad (7)$$

где m_{ij} – коэффициент весомости i -го свойства оборудования на j -м уровне (при этом сумма весомостей m_{ij} должна быть равна 1); g_{ij} – относительный показатель качества i -го свойства на j -м уровне; n – количество определяющих показателей качества.

Для определения отдельных показателей и их коэффициентов весомости можно использовать экспертный или стоимостной метод оценки. При этом коэффициент весомости m_{ij} должен определяться в зависимости от степени влияния данного свойства на показатель, являющийся основной характеристикой качества оборудования. В свою очередь, определение относительного показателя качества проводится дифференциальным методом:

$$g_i = \frac{P_i}{P_i^B}, \quad (8)$$

где P_i – числовое значение определяющего показателя качества оборудования; P_i^B – числовое значение определяющего показателя качества базового оборудования; $i=1, 2, \dots, n$ – порядковый номер единичного определяющего показателя качества оборудования.

За базовые показатели принимаются показатели лучших (эталонных) образцов оборудования. С помощью представленной выше методики возможен выбор различного сложно-

го оборудования. Однако и в данном случае автором [11], также не учтены показатели надёжности оборудования. Ввиду этого методика если и может применяться в обозначенных целях, то только после существенной доработки.

Методика, рассмотренная в [12], также может быть применена с целью выбора ПТВ для ликвидации последствий ЧС, но она ориентирована на расчёт показателей, приведённых ниже. Минимальная степень полезности:

$$M_{пол} = \frac{C_n}{C_{обр}}, \quad (9)$$

где $C_{обр}$ – стоимость образца оборудования.

Вероятность технической подготовленности:

$$P_{вз} = P_{обр} \cdot P_{нп}, \quad (10)$$

где $P_{обр}$ – вероятность безотказной работы оборудования.

$$P_{обр} = \exp\left(\frac{-t_p}{T_0}\right), \quad (11)$$

где t_p – время работы образца; T_0 – наработка на отказ; $P_{нп}$ – вероятность не поражения при выполнении поставленной задачи.

Готовность оборудования к выполнению задач характеризуется коэффициентом обеспечения $K_{об}$:

$$K_{об} = K_{г} \cdot K_{по}, \quad (12)$$

где $K_{г}$ – степень готовности оборудования и определяется по формуле:

$$K_{г} = \frac{t_{pc}}{t_{зв}}, \quad (13)$$

где t_{pc} – время рабочего состояния оборудования; $t_{зв}$ – зачётное время эксплуатации оборудования; $K_{по}$ – степень подготовленности оператора для работы с оборудованием, которая определяется по следующей формуле:

$$K_{по} = \frac{n_+}{n_0}, \quad (14)$$

где n_0 – общее количество команд оператора при обучении управлением на оборудовании; n_+ – количество верных команд, выполненных на оборудовании.

И, наконец, эффект использования оборудования оценивается вероятностью выполнения поставленной задачи P_{B3} :

$$P_{B3} = K_{об} \cdot P_{B3}. \quad (15)$$

Авторами [12] был проработан вопрос надёжности, но упущена собственно эффективность (польза, выраженная в денежных единицах и/или спасённых жизнях) применения выбранного оборудования, т.к. вероятность технической подготовки и готовность оборудования к выполнению задач не может достаточно полно охарактеризовать выбранное оборудование с экономической точки зрения (капитальные и эксплуатационные затраты на закупку и обслуживание соответственно).

Работа [13] позиционируется авторами как выбор рационального состава комплекта технических средств для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ с помощью формул, представленных ниже. Так, приведённая характеристика гидроцилиндров (оценивается максимальная для комплекта):

$$K_{г.ц.} = \frac{PS}{M}, \quad (16)$$

где M – масса гидроцилиндра, кг; P – максимальное усилие разжима, кН; S – ход поршня, м.

Приведённая характеристика разжимов (оценивается максимальная для комплекта):

$$K_p = \frac{PF}{M}, \quad (17)$$

где M – масса разжима, кг; P – максимальное усилие разжима, кН;

F – максимальное раскрытие челюстей, м.

Приведённая характеристика кусачек (оценивается максимальная для комплекта):

$$K_k = \frac{PF}{M}, \quad (18)$$

где M – масса кусачек, кг; P – максимальное усилие разжима, кН;

F – максимальное раскрытие челюстей, м.

Удельная характеристика насосной станции:

$$K_{н.с.} = \frac{nQ}{M}, \quad (19)$$

где M – масса гидростанции, кг; n – количество одновременно работающих инструментов; $n=2$ – одновременная работа двумя инструментами; $n=1,5$ – последовательная работа двумя инструментами; $n=1$ – работа одним инструментом; Q – производительность гидростанции, см³/мин.

Собственно критерием эффективности оборудования $K_{эф}$ является расчётная величина ожидания успеха работы:

$$K_{эф} = M \cdot \left(\frac{T_0}{T} \right), \quad (20)$$

где T_0 – допустимое время выполнения работ k -го вида работ ($k=1,2, \dots$);

T – фактически затрачиваемое время выполнения k -го вида работ.

Здесь авторы предлагают выбор именно ГАСИ, где в качестве показателя эффективности принят показатель ожидания успеха, максимальное значение которого будет являться условием рациональности выбора того или иного комплекта ГАСИ. Но осуществление выбора ЛПР оборудования по тактико-техническим характеристикам (ТТХ), представленным фирмами-производителями, не гарантирует надёжности ПТВ.

Несмотря на достаточную разработанность вопроса определения наиболее эффективного ГАСИ, вопрос выбора ПР и СИЗОД остаётся открытым, поскольку конкретные научно обоснованные методики определения их надёжности и эффективности отсутствуют в свободном доступе. В связи с этим фактом можно предположить, что выбор ПР и СИЗОД в настоящее время осуществляется ЛПР по ТТХ, представленными фирмами-производителями, а также основываясь на личном опыте. В таком случае, для такого многокритериального отбора ПТВ, можно воспользоваться одним из эвристических методов (ЭМ) или же иерархической процедурой оценивания (ИПО). Последняя является математическим инструментом системного подхода к решению схожих задач не навязывающим ЛПР

какого-либо «правильного» решения, а также из-за её широкого применения в пожарной охране. Различные её модификации применялись в работах Малыгина И.Г. [14], Сальникова С.Н. [15], Шкунова С.А. [16] и др. [17]. В общем смысле применение ЭМ в различных областях не ново [18]. Отечественными учёными решалась и решается задача применения ЭМ и в пожарной охране. Причём удалось достигнуть определённо высоких результатов [19].

Отметим, что в процедурах подтверждения соответствия разного рода оборудования, в том числе и ПТВ, часто прибегают к ЭМ (экспертной оценки или методам прямого получения коллективного мнения) [20], у которых имеется множество достоинств и недостатков, связанных со сложностями нахождения достаточного количества экспертов, процедур получения информации и формирования итогового мнения группы по индивидуальным суждениям экспертов, возможность давления авторитетов в группе и т.п. Наряду с недостатками, нельзя не отметить основное преимущество метода – возможность разностороннего анализа проблем на ранних стадиях (при отсутствии показателей надёжности), в т.ч. связанных с устройством и эксплуатацией ПТВ при поиске предпочтительных альтернатив.

Сущностью ЭМ является получение неких оценок, выставляемых группой экспертов (специалистов) в исследуемой области на основе жизненного опыта и устоявшегося мнения с целью определения (выбора) наиболее эффективного ПТВ (по сути - это метод Delfy [20]). Наибольшее распространение получил именно ИПО, так как групповое мнение обладает наибольшей точностью полученных результатов [21, 22].

Условно ЭМ можно разделить на несколько этапов:

- 1) постановка цели и задач проводимого опроса;
- 2) определение формы опроса (индивидуальный, коллективный);
- 3) подготовка бланков опроса;
- 4) подбор экспертов (специалистов) в исследуемой области;
- 5) проведение экспертной оценки;
- 6) анализ и обобщение полученных результатов (обработка данных);
- 7) выдача рекомендаций.

Так как ИПО входит в понятие ЭМ, он включает в себя все перечисленные выше этапы, а также их обобщение в несколько этапов:

- 1) построение качественной модели интересующей проблемы в виде иерархии, включающей саму цель, возможные варианты её до-

стижения и критерии для оценки представленных альтернатив;

- 2) парные сравнения всех элементов иерархии с целью определения их приоритетов;

- 3) синтез глобальных приоритетов рассматриваемых альтернатив путём их линейной свёртки в иерархии;

- 4) проверка суждений на согласованность;

- 5) получение результата и принятие решения.

Следует отметить, что представленный выше подход ИПО имеет некоторые недостатки. К ранее указанным, можно добавить: возможный субъективный подход опрашиваемых экспертов (специалистов); неполное (неправильное) понимание поставленного вопроса; неполнота и неоднозначность данного ответа. Стоит упомянуть о том, что каждый задействованный эксперт (специалист) должен глубоко разбираться в исследуемой тематике т.к. от него требуется большой объём информации [23, 24]. Но все недостатки ИПО нивелируются его универсальностью и возможностью принятия для решения самых разнообразных задач, в том числе и определения предпочтительного ПТВ.

Из зарубежного опыта определения параметров ПР, в том числе и их эффективности, известны работы [25, 26], которые описывают способы использования ПР для нужд пожаротушения, или [27], которая представляет новые методы испытаний пожарных ПР для технического оснащения противопожарной службы. В свою очередь в [28, 29] рассматривается возможность использования ПР в системах, находящихся под избыточным давлением, для тушения стандартных горючих материалов. Кроме того, было проведено исследование совместности ПР с указанными системами и особенностями её эксплуатации, а также минимальные и максимальные рабочие давления, которые можно получить в ПР.

Наряду с этим, проектированием более надёжных ПР активно занимаются (например, [30, 31]) и описывают процессы от этапа определения проблемы до мельчайших деталей проектирования. В работе [32] авторы провели обзор пожарного оборудования: пожарных всасывающих рукавов, пожарных напорных рукавов, соединительных головок, переходников, заглушек, разветвлений, водосборников, сеток всасывающих, стволов пожарных водяных и пенных. Результатом проведённой работы стала систематизация и классификация пожарного оборудования на современном этапе развития науки и техники в области пожарной безопасности.

Таким образом, можно отметить, что разработанных методик и методических подходов, предназначенных исключительно для отбора наиболее эффективных и надёжных ПР (в отличие от ГАСИ), в настоящее время нет.

Известно, что разработке вопросов, связанных с определением (выбором) наиболее эффективного СИЗОД, посвящено большое количество научных работ, но в большинстве своём они направлены на СИЗОД гражданского и военного назначения. Так, в работе [33], например, проведённое исследование эффективности СИЗОД за последние полвека свидетельствует о необходимости пересмотра некоторых положений по их выбору и предлагает разработку таких критериев. Главным критерием определения (выбора) наиболее эффективно СИЗОД, по мнению авторов, станет «коэффициент защиты» органов дыхания и зрения человека в условиях непригодной для дыхания среды. Отметим, что в контексте настоящего исследования «коэффициент защиты» может быть с достаточно хорошим приближением экстраполирован в коэффициент готовности. А вот работа [34] за основной критерий эффективности СИЗОД принимает «вероятность защиты» от опасных факторов в целом и рассматривает защитные свойства аппаратов от вредного воздействия таких веществ, как ацетон, хлор, цианистый водород, сероводород, диоксид серы, хлорид водорода, аммиак и оксид углерода. Следует подчеркнуть, что объектом исследования [34] является СИЗОД промышленного назначения, т.е. не предназначенное для ПСП МЧС России.

В работе [35] приведены рекомендации по определению (выбору) и применению фильтрующих СИЗОД. Здесь приведён обзорный и аналитический материал о современных СИЗОД, отражена система показателей качества фильтрующих СИЗОД и эффективность их использования для защиты населения от вредных факторов в зонах химического заражения, а также даётся оценка этих показателей с последующей рекомендацией по его выбору.

Список литературы

1. Statheropoulos, M. Factors that affect rescue time in urban search and rescue (USAR) operations / M. Statheropoulos, A. Agapiou, G. C. Pallis, K. Mikioti, S. Karma, J. Vamvakari, M. Dandoulaki, F. Andritsos, C. L. Paul Thomas // *Natural Hazards*. 2014. Vol. 75. Issue 1. Pp. 57–69.
2. Psarros, G. The acceptability of maritime security risk / George Psarros, Rolf Skjong,

Однако цельного методического подхода по выбору СИЗОД для комплектования ПСП МЧС России с целью ликвидации последствий ЧС на основе указанных рекомендаций создать нет никакой возможности ввиду отсутствия критериев экономического и надёжного характера, позволяющих осуществить ЛПР отбор наиболее эффективного СИЗОД конкретной марки в приемлемые сроки.

Известно, что в США при выборе эффективного СИЗОД рекомендуется использовать соответствующие стандарты [36–38], определяющие требования к проектированию, устройству и испытаниям. Эти требования распространяются на отбор, техническое обслуживание и уход, а также качество воздуха для дыхания спасателей.

Здесь можно констатировать, что в зарубежной нормативной литературе [36–38], так же, как и отечественной [39, 40], отсутствует алгоритм выбора СИЗОД для оснащения ПСП.

Выводы

Изложенное свидетельствует, что разработка единой (т.е. адаптируемой к разному ПТВ) методики обоснования выбора для наиболее предпочтительного технического оснащения (надёжного, а также полнофункционального) ПТВ для ПСП, основанной на информативном, простом, научно и методически обоснованном критерии, является важной и актуальной задачей.

Дополнительную актуальность принимает эта проблема в условиях реализации государственной программы импортозамещения [41] и Военной доктрины РФ [42], поскольку появится новый методический инструмент, который позволит осуществлять сравнительную оценку различных изделий и на основе такой оценки предлагать пути разработки и оснащения более надёжным отечественным ПТВ.

Magnus S. Eide // *Journal of Transportation Security*. 2009. Vol. 2. Issue 4. Pp. 149–163.

3. Manning C., Raghavan P., Schütze H. *Introduction to Information Retrieval*. Cambridge University Press, 2008. ISBN 0-521-86571-9. Перевод: Маннинг К., Рагхаван П., Шютце Х. Введение в информационный поиск. Вильямс, 2011.

4. Ландэ Д. В., Снарский А. А., Безсуднов И. В. *Интернетика: Навигация в сложных*

сетях: модели и алгоритмы. М.: Либроком (Editorial URSS), 2009. 264 с.

5. Ingargiola, G.P. Reduction algorithm for zero-one single knapsack problems / G.P. Ingargiola, J.F. Korsh // *Management Science*. 1973. Vol. 20. pp. 460–463.

6. Птускин, А.С. Выбор антирисковых программ для уменьшения потерь в цепях поставок / А.С. Птускин, Е.В. Левнер // *Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение*. 2014. № 3 (96). С. 119–135.

7. Одинцов, Л.Г. Гидравлический аварийно-спасательный инструмент [Электронный ресурс] / Л.Г. Одинцов, В.Г. Крутелёв // *Противопожарные и аварийно-спасательные средства*. 2004. № 2. Режим доступа: http://www.secuteck.ru/articles2/firesec/odincov_krutelev/.html.

8. Одинцов, Л.Г. Сравнительная оценка эффективности ГАСИ [Электронный ресурс] / Л.Г. Одинцов, С.П. Тодосейчук, В.В. Парамонов // *Противопожарные и аварийно-спасательные средства*. 2005. № 3. Режим доступа: http://www.secuteck.ru/articles2/firesec/odincov_todosejchuk_paramonov.html.

9. Филановский, А.М. Оценка параметров гидравлического аварийно-спасательного инструмента на основе метода анализа размерностей / А.М. Филановский, А.С. Поляков // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2012. № 2 (22). С. 12–19.

10. Боровик, И.Н. Определение вероятности безотказной работы жидкостной ракетной двигательной установки межорбитального транспортного аппарата многоразового использования к концу срока эксплуатации / И.Н. Боровик // *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение»*. 2014. № 2. С. 86–93.

11. Попов, П.А. Основы моделирования и оценки эффективности действий сил РСЧС при ведении АСДНР: учебное пособие / П.А. Попов, В.С. Федорук, М.Ф. Баринов и др. – Химки: АГЗ МЧС России, 2014. С. 48–51.

12. Основные пути повышения эффективности применения АСС при ликвидации ЧС: Отчет о НПР (заключительный) / Исполн.: В. Федорук, П. Попов, С. Федотов, К. Тикунов, В. Чурсин, А. Козлов, В. Залозный. Новогорск: АГЗ МЧС России, 2000. 19 с.

13. Отчет по сравнительным испытаниям гидравлического оборудования в отряде Центроспас. М.: МЧС России, 1997.

14. Малыгин, И.Г. Автоматизированная геоинформационная система поддержки принятия решений по управлению оперативными

подразделениями пожарной охраны / В.Т. Васьков, И.Г. Малыгин, Ю.А. Плотников // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2011. № 1 (17). С. 58–66.

15. Малыгин, И.Г. Методы принятия решения при разборке новых образцов пожарной техники: монография / И.Г. Малыгин, С.Н. Сальников – Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2002. 87 с.

16. Шкунов, С.А. Информационно-аналитическая модель принятия решений по переоснащению парка пожарных автомобилей / С.А. Шкунов // *Пожаровзрывобезопасность*. 2016. №7. С. 58–62.

17. Роевко, В.В. Методика оценки уровня переоснащения подразделений МЧС России на примере субъектов Северокавказского регионального центра МЧС России / В.В. Роевко, Д.В. Тараканов, С.А. Шкунов // *Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация*. 2015. №3. С. 31–36.

18. Вентцель, Е.С. Элементы теории игр. – М.: Физматгиз, 1961. – 68 с.

19. Таранцев, А.А. Об особенностях нахождения Парето-оптимальных вариантов в задачах многопараметрического выбора / А.А. Таранцев // *Пожаровзрывобезопасность*. 2011. № 10. С.37–40.

20. Белов, П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование / П.Г. Белов. М.: Юрайт, 2015. Т. 1. С. 184–185.

21. Орлов, А.И. Экспертные оценки: учебное пособие / А.И. Орлов. М.: ИВСТЭ, 2002. – 31 с.

22. Томас Саати. Принятие решений. Метод анализа иерархий: пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. – М.: Радио и связь. 1993. 278 с.

23. Ужга-Ребров, О.И. Сравнительный анализ двух подходов к моделированию и учету рисков в принятии решений / О.И. Ужга-Ребров, П.С. Грабустс // *Проблемы анализа риска*. 2012. № 2. С. 8–23.

24. Серёдкин, К.А. Сравнение методов экспертного оценивания факторов на примере эколого-географической оценки влияния транспортной инфраструктуры на окружающую среду Архангельской области / К.А. Серёдкин, В.Б. Коробов, М.И. Долгощёлова // *Arctic environmental research*. 2014. № 4. С. 43–52.

25. Krasowski, T. Using of fire hoses to construction of mobile, temporary oil dam / T. Krasowski // *Bezpieczenstwo i technika pozarnicza*. 2009. № 15. pp. 201–207.

26. Krasowski, T. Using standard fire hoses in rescue technique on frozen water / T. Kra-

sowski // *Bezpieczenstwo i technika pozarnicza*. 2008. № 12. pp. 177-187.

27. Sural, Z. New test methods for the fire hydrant delivery hoses / Z. Sural // *Bezpieczenstwo i technika pozarnicza*. 2006. № 6. pp. 125-136.

28. Matteini, L. Fire hose instability driven by alpha particle temperature anisotropy / L. Matteini, S.J. Schwartz, P. Hellinger, S. Landl // *The astrophysical journal*. 2015. № 1. pp. 13-16.

29. Colletti, D.J. Compressed air foam systems and fire hose / D.J. Colletti // *Fire engineering*. 1996. № 7. pp. 50-51.

30. Jacques, H.W. Systematic redesign of a fire hose reel / H.W. Jacques, Stevens, M.M. Jeroen Eijsink // *World class design to manufacture*. 1994. № 2. pp. 39-44.

31. Chen, E.B. Fluorescein and poly (ethylene oxide) hose stream additives for improved firefighting effectiveness / E.B. Chen, A.J. Morales, Chien-Chung Chen, A.A. Donatelli, W.W. Bannister, B.T. Cummings // *Fire technology*. 1998. № 4. pp. 291-306.

32. Lemańska, K. Review, application and development trends of firefighting equipment / K. Lemańska, S. Główka // *Bezpieczenstwo i technika pozarnicza*. 2013. № 30. pp. 91-99.

33. Кириллов, В.Ф. Обзор результатов производственных испытаний средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) / В.Ф. Кириллов, А.С. Филин, А.В. Чиркин // *Токсикологический вестник*. 2014. № 6. С. 44-49

34. Батырев, В.В. Химическая защита населения в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени: основные проблемы и пути их развития / В.В. Батырев, Н.Н. Матвиенко // *ВНИИ ГОЧС: вчера, сегодня, завтра*. 35 лет на службе безопасности жизнедеятельности. 2011. С. 66–76.

35. Батырев, В.В. Методические рекомендации по выбору и применению фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания для защиты населения в чрезвычайных ситуациях: учебное пособие / В.В. Батырев, А.В. Коробейникова, С.Я. Тронин. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. 72 с

36. NFPA 1852 Standard on Selection, Care, and Maintenance of Open-Circuit Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA). National Fire Protection Association. – Massachusetts: NFPA, 2013. 28 pp.

37. NFPA 1404 Standard for Fire Service Respiratory Protection Training. National Fire Protection Association. – Massachusetts: NFPA, 2013. 28 pp.

38. NFPA 1989 Standard on Breathing Air Quality for Fire and Emergency Services Respira-

tory Protection. National Fire Protection Association. – Massachusetts: NFPA, 2013. 15 pp.

39. ГОСТ Р 12.4.279-2012 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Рекомендации по выбору, применению и техническому обслуживанию. Национальный стандарт Российской Федерации. – М.: Стандартинформ, 2014. 41 с.

40. Батырев, В.В. Методические рекомендации по выбору и применению фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания для защиты населения в чрезвычайных ситуациях: учебное пособие / В.В. Батырев, А.В. Коробейникова, С.Я. Тронин. – М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. 72 с.

41. Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий федеральному государственному автономному учреждению «Российский фонд технологического развития» в целях внедрения наилучших доступных технологий и импортозамещения в рамках подпрограммы «Обеспечение реализации государственной программы» государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности»: [пост. Правит. 17 дек. 2014 г.: по состоянию на 17 дек. 2014 г.]. – М.: Кодекс, 2014. 6 с.

42. Военная доктрина Российской Федерации: [Указ Президента Российской Федерации: 25.12.2014 г.: по состоянию на 30 окт. 2018]. – М.: Кремль, 2014. 17 с.

References

1. Statheropoulos, M. *Natural Hazards*, 2014, vol. 75, issue 1, pp. 57–69.
2. Psarros, G. *Journal of Transportation Security*, 2009, vol. 2, issue 4, pp. 149–163.
3. Manning C., Raghavan P., Schütze H. *Cambridge University Press*, 2008, pp 49-67.
4. Lande D. V., Snarskiy A. A., Bezudnov I. V. *Internetika: Navigatsiya v slozhnykh setyakh: modeli i algoritmy*. M.: Librokom (Editorial URSS), 2009. 264 p.
5. Ingargiola, G.P. *Management Science*, 1973, vol. 20, pp. 460–463.
6. Ptuskin, A.S. *Vestnik MGTU im. N.E. Bauman. Seriya: Mashinostroyeniye*. 2014, no. 3 (96), pp. 119–135.
7. Odintsov, L.G. *Protivopozharnyye i avariyno-spasatel'nyye sredstva*, 2004, no. 2. http://www.secuteck.ru/articles2/firesec/odincov_k_rutelev.html (in Russ.).

8. Odintsov, L.G. *Protivopozharnyye i avariyno-spasatel'nyye sredstva*, 2005, no. 3. http://www.secuteck.ru/articles2/firesec/odincov_todosejchuk_paramonov.html (in Russ.).
9. Filanovskiy, A.M. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*, 2012, no. 2 (22), pp. 12-19.
10. Borovik, I.N. *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Seriya: Mashinostroyeniye*, 2014, no. 2, pp. 86–93.
11. Popov, P.A. *Osnovy modelirovaniya i otsenki effektivnosti deystviy sil RSCHS pri vedenii ASDNR* [Basics of modeling and evaluation of the effectiveness of the RSF forces unde] Khimki, AGZ MCHS Rossii, 2014, pp. 48–51.
12. *Osnovnyye puti povysheniya effektivnosti primeneniya ASS pri likvidatsii CHS* [The main ways to improve the efficiency of ACS in emergency response] Novogorsk: AGZ MCHS Rossii, 2000. 19 p.
13. *Otchet po sravnitel'nyim ispytaniyam gidravlicheskogo oborudovaniya v otryade Tsentrospas* [Report on comparative tests of hydraulic equipment in the Centrospas unit] MCHS Rossii, 1997.
14. Malygin, I.G. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*, 2011, no. 1 (17), pp. 58-66.
15. Malygin, I.G. *Metody prinyatiya resheniya pri razborke novykh obraztsov pozharной tekhniki* [Methods of decision-making in the disassembly of new models of fire equipment] Sankt-Peterburg: Izd-vo Sankt-Peterburgskiy universitet GPS MCHS Rossii, 2002. 87 p.
16. Shkunov, S.A. *Fire and explosion safety*, 2016, no. 7, pp. 58-62.
17. Royenko, V.V. *Pozhary i chrezvychaynyye situatsii: predotvrashcheniye, likvidatsiya*, 2015, no. 3, pp. 31-36.
18. Venttsel', Ye.S. *Elementy teorii igr*. Moscow: Fizmatgiz, 1961. 68 p.
19. Tarantsev, A.A. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2011, no. 10, pp.37–40.
20. Belov, P.G. *Upravleniye riskami, sistemnyy analiz i modelirovaniye* M.: Yurayt, 2015, pp. 184–185.
21. Orlov, A.I. *Ekspertnyye otsenki: uchebnoye posobiye* Moscow: IVSTE, 2002. 31 p.
22. Tomas Saati. *Prinyatiye resheniy. Metod analiza iyerarkhiy* [Decision making. Hierarchy analysis meth] Moscow: Radio i svyaz', 1993. 278 p.
23. Uzhga-Rebrov, O.I. *Problemy analiza riska*, 2012, no. 2, pp. 8–23.
24. Serodkin, K.A. *Arctic environmental research*, 2014, no. 4, pp. 43–52.
25. Krasowski, T. *Bezpieczenstwo i technika pozarnicza*, 2009, no. 15, pp. 201-207.
26. Krasovskiy, T. *Bezpieczenstwo i technika pozarnicza*, 2008, no. 12, pp. 177-187.
27. Sural, Z. *Bezpieczenstwo i technika pozarnicza*, 2006, no. 6, pp. 125-136.
28. Matteyni, L. *Astrofizicheskiy zhurnal*, 2015, no. 1, pp. 13-16.
29. Kolletti, D.Dzh. *Pozharnaya tekhnika*, 1996, no. 7, pp. 50-51.
30. Zhak, KH.V. *Dizayn mirovogo klassa dlya proizvodstv*, 1994, no. 2, pp. 39-44.
31. Chen, E.B. *Pozharnaya tekhnika*, 1998, no. 4, pp. 291-306.
32. Leman'skaya, K. *Bezpieczenstwo i technika pozarnicza*, 2013, no. 30, pp. 91-99.
33. Kirillov, V.F. *Toksikologicheskiy vestnik*, 2014, no. 6, pp. 44-49
34. Batyrev, V.V. *Khimicheskaya zashchita naseleniya v chrezvychaynykh situatsiyakh: mir i voyennoye vremya: osnovnyye problemy i puti ikh razvitiya* [Chemical protection of the population in emergency situations: peace and wartime: main problems and ways of development], VNII GOCHS: vchera, segodnya, zavtra. 35 let na sluzhbe bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti, 2011, pp. 66-76.
35. Batyrev, V.V. *Metodicheskiye rekomendatsii po vyboru i primeneniyu fil'truyushchikh sredstv dlya zashchity naseleniya v chrezvychaynykh situatsiyakh: uchebnoye posobiye* M.: FGBU VNII GOCHS (FTS), 2011. 72 p.
36. Standart NFPA 1852 po vyboru, ukhodu i obsluzhivaniyu avtonomnykh dykhatel'nykh apparatov s otkrytym konturom (SCBA). *Natsional'naya protivopozharnaya assotsiatsiya. - Massachusetts: NFPA, 2013. 28 p.*
37. Standart NFPA 1404 dlya obucheniya respiratornoy zashchite pozharной sluzhby. *Natsional'naya protivopozharnaya assotsiatsiya. - Massachusetts: NFPA, 2013. 28 p.*
38. Standart NFPA 1989 goda po kachestvu vozdukha dlya dykhaniya dlya pozharной i avariyno-spasatel'noy sluzhby. *Natsional'naya protivopozharnaya assotsiatsiya. - Massachusetts: NFPA, 2013. 15 p.*
39. GOST R 12.4.279-2012 *Sistema standartov bezopasnosti truda. Sredstva individual'noy zashchity organov dykhaniya. Rekomendatsii po vyboru, primeneniyu i tekhnicheskomu obsluzhivaniyu*. *Natsional'nyy standart Rossiyskoy Federatsii*. Moscow: Standartinform, 2014. 41 p.
40. Batyrev, V.V. *Metodicheskiye rekomendatsii po vyboru i primeneniyu fil'truyushchikh sredstv dlya zashchity naseleniya v chrezvychaynykh situatsiyakh: uchebnoye posobiye* Moscow: FGBU VNII GOCHS (FTS), 2011. 72 p.

41. Post. Pravit. 17 dek. 2014 g. «*Ob ut-verzhdenii prava na predostavleniye federal'nogo byudzheta i subsidii federal'nomu gosudarstvennomu avtonomnomu uchrezhdeniyu «Rossiyskiy fond tekhnologicheskogo razvitiya» v tselyakh obespecheniya nailuchshikh tekhnologiy i importozameshcheniya v ramkakh podprogrammy «Obespecheniye realizatsii gosudarstvennykh programm» gosudarstvennykh programm Rossiyskoy Federatsii «Razvitiye promyshlennosti i povysheniye yeye konkurentosposobnosti»* [About the approval of the law on providing Federal'legs of the budget and subsidies to Federal state Autonomous institution "Russian Fund of technological development" for the purpose of providing

necessary technologies and import substitution within the program "Ensuring implementation of the state programs" of the state programs of the Russian Federation "Development of the industry and increase of its competitiveness"] Moscow: Kodeks, 2014. 6 p.

42. Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii 25.12.2014 *Voyennaya doktrina Rossiyskoy Federatsii* [The military doctrine of the Russian Federation] Moscow: Krem'l', 2014. 17 p.

Saraev Ivan Vital'evich,

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново,

преподаватель,

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

Saraev Ivan Vital'evich

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,

teacher,

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

Бубнов Андрей Германович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново,

доктор химических наук, доцент, профессор кафедры,

E-mail: bubag@mail.ru,

Bubnov Andrej Germanovich

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,

doctor of Chemical Sciences, professor,

E-mail: bubag@mail.ru.

Моисеев Юрий Николаевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново,

начальник кафедры,

E-mail: fireman13@mail.ru,

Moiseev Jurij Nikolaevich

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,

head of the Department,

E-mail: fireman13@mail.ru

УДК 796/799

РАЗВИТИЕ СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ КАЧЕСТВ У КУРСАНТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ МЧС РОССИИ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ СОПРОТИВЛЕНИЯ

А. А. СОРОКИН, П. В. ЧИСТОВ, Г. П. СОКОЛОВ, Р. М. ШИПИЛОВ

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: skv0rec19@mail.ru, pchistov1982@mail.ru, Gennadiy.sokolov@inbox.ru, rim-sgpu@rambler.ru

Профессионально-прикладная физическая подготовка является неотъемлемой частью физического воспитания курсантов образовательных организаций МЧС России. Прикладная физическая подготовка включает в себя развитие специальных прикладных физических качеств. В качестве основных физических качеств используются: быстрота, выносливость, сила. При выполнении упражнений в разных тренировочных режимах проявляются смешанные качества: силовая выносливость, скоростно-силовые качества, статическая выносливость и т.д. В процессе подготовки курсантов на первое место выходят скоростно-силовые качества, которые позволяют выполнять достаточно большой объем работы за минимальный промежуток времени. В статье рассмотрена методика развития скоростно-силовых качеств с использованием нестандартного тренировочного оборудования парашют для бега на короткие дистанции. Данная методика позволила усложнить учебно-тренировочный процесс при выполнении упражнения «Бег на дистанцию 100 м».

Целью исследования являлось выявление влияния использования специализированных средств сопротивления (парашют для бега) на развитие скоростно-силовых качеств курсантов образовательных организаций МЧС России. В процессе исследования были решены следующие задачи: анализ научно-методической литературы по теме исследования; разработана методика развития скоростно-силовых качеств; выявлен уровень эффективности использования парашютов для бега с целью развития скоростно-силовых качеств.

Результаты исследования показали, что использование нестандартного оборудования создающего дополнительное сопротивление способствует развитию не только развитию скоростно-силовых качеств, необходимых для подготовки к выполнению контрольного норматива «Бег на дистанцию 100 м», но и создаёт положительный психологический климат, что в свою очередь повышает интерес к занятию.

Ключевые слова: бег; развитие скоростно-силовых качеств; нагрузка; методика тренировки; физические навыки; утяжелители; элемент отягощения.

DEVELOPMENT OF HIGH-SPEED POWER QUALITIES IN CURSENTS OF EDUCATIONAL ORGANIZATIONS OF HIGHER EDUCATION OF EMERCOM OF RUSSIA BY SPECIALIZED MEANS OF RESISTANCE

A. A. SOROKIN, P. V. CHISTOV, G. P. SOKOLOV, R. M. SHIPILOV

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: skv0rec19@mail.ru, pchistov1982@mail.ru, Gennadiy.sokolov@inbox.ru, rim-sgpu@rambler.ru

Professionally-applied physical training is an integral part of the physical education of cadets of educational organizations EMERCOM of Russia. Applied physical training includes the development of special applied physical qualities. The main physical qualities are used: speed, endurance, strength. When performing exercises in different training modes, mixed qualities appear: strength endurance, speed-strength qualities, static endurance, etc. In the process of preparing cadets, speed and power qualities come to the first place, which allow you to perform a sufficiently large amount of work for a minimum period of time. The arti-

cle describes the method of development of speed-strength qualities using non-standard training equipment parachute for short-distance running. This technique has allowed to complicate the training process when performing the exercise "Running a distance of 100 m."

The aim of the study was to identify the impact of the use of specialized means of resistance (parachute for running) on the development of speed-strength qualities of cadets of educational organizations of the Emergencies Ministry of Russia. In the process of research, the following tasks were solved: analysis of scientific and methodological literature on the research topic; developed methods for the development of speed-power qualities; The level of efficiency of the use of parachutes for the run with the aim of developing speed-strength qualities.

The results of the study showed that the use of non-standard equipment creating additional resistance contributes to the development of not only the development of speed-power qualities necessary to prepare for the implementation of the control standard "100 meters distance", but also creates a positive psychological climate, which in turn increases interest occupation.

Key words: running; development of speed-strength qualities; load; training method; physical skills; weighting; burdening element.

Актуальность.

Бег для курсантов образовательных организаций высшего образования МЧС России является самым популярным и простым физическим упражнением, которое позволяет задействовать почти все части связочного и мышечного аппарата. Кроме того, полезную нагрузку во время бега получают и суставы человеческого тела. При беге тренируется сердечно-сосудистая система организма человека. Предотвращаются многие болезни сердца, усиливается кровообращение, насыщается кислородом все мышечные ткани и органы человека [1]. Помимо всего прочего занятия бегом способствуют развитию у курсантов - силы, ловкости и выносливости [2, 3]. Совершенствуя свои физические навыки, они готовят себя к быстрому выполнению поставленных задач.

Для курсантов не менее важным является развитие своих скоростно-силовых качеств. Эти качества определяют способность развивать максимальное мышечное напряжение в минимальный отрезок времени [4]. В основе скоростно-силовых способностей лежат функциональные свойства нервно-мышечной системы, позволяющие совершать действия, в которых наряду со значительными мышечными напряжениями требуется максимальная быстрота движений. Иначе говоря, под термином «скоростно-силовые качества» понимается способность человека к проявлению усилий, проявления максимальной мощности в кратчайший промежуток времени, при сохранении оптимальной амплитуды движения [1, 5].

Для того, чтобы физически развиваться курсанты не всегда пользуются стандартными методами тренировки, такими как подтягивания на перекладине или выполняя гладкий бег. Для получения желаемого результата на учебно-тренировочных занятиях они всяким обра-

зом усложняют себе задачу: принимают «вис» на перекладине с дополнительно подвешенным утяжелением, отжимаются от пола с грузом на спине, бегают короткие и длинные дистанции, применяя различного рода утяжелители.

Рассмотрим один из видов дополнительного элемента отягощения «парашют для бега». Его работа максимально проста: парашют при помощи специальных креплений и веревок крепится за спину обучающегося и располагается в метре от него. Начиная бег, парашют создает дополнительную нагрузку в виде большого потока воздуха. Чем быстрее бег, тем больше сопротивление – таким образом, парашют помимо всего прочего создает еще и устойчивое сопротивление. К плюсам парашюта для бега, в отличие от других существующих методов отягощения, можно отнести то, что он может варьировать нагрузку при сопротивлении, и при этом его использование практически не меняет форму выполнения упражнения. Таким образом, можно сказать, что он является очень эффективным средством отягощения для развития скоростно-силовых способностей, но чтобы в полной степени ощутить его свойства, необходимо передвигаться максимально быстро, то есть он не предназначен для использования на длинные дистанции, а только на короткие. Если упражнение не выполнять в быстром темпе, парашют может просто не раскрыться или раскрыться, но не в полной степени.

К сожалению актуальность использования утяжелителей очень часто является спорной. Анализ научно-методической литературы показал, что большинство ученых и практиков склоняются к тому, что использование отягощений только вредит правильной технике выполнения упражнений, поясняя это тем, что

при длительном использовании утяжелителей ломается биомеханика, существенно увеличивается нагрузка на опорно-двигательный аппарат и смещается акцент резкости, так же существует мнение о том, что использование отягощений не может вредить здоровью человека, а наоборот, с их помощью можно добиться желаемого результата, за значительно меньшее время.

Цель исследования – выявить влияние использования специализированных средств сопротивления (парашют для бега) на развитие скоростно-силовых качеств курсантов образовательных организаций МЧС России.

Задачи исследования:

Анализ научно-методической литературы по теме исследования.

Разработка методики развития скоростно-силовых качеств.

Выявить уровень эффективности использования парашютов для бега с целью развития скоростно-силовых качеств.

Методика проведения исследования.

С целью апробации разработанной методики упражнений с использованием парашюта для бега было проведено исследование. В исследовании приняли участие две группы испытуемых: 321 учебная группа (контрольная) и 322 учебная группа (экспериментальная) в количестве 14 человек в каждой. Исследование проводилось на базе ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России в период с сентября по ноябрь 2018 года. Входной и повторный контроль проводился на беговой дорожке стадиона. В качестве контрольного норматива был использован бег на дистанцию 100 м.

Исследуемые группы занимались по разработанной учебной программе по теме №2 «Легкая атлетика» в упражнении «Бег на дистанцию 100 м». Контрольная группа выполняла упражнения без использования дополнительного оборудования. В программу тренировки экспериментальной группы был включён комплекс упражнений с использованием парашюта для бега. Дополнительных занятий по тренировке у экспериментальной группы не проводилось.

В программу учебно-тренировочных занятий у экспериментальной группы были включены следующие упражнения:

- бег с парашютом на дистанцию 30 м (ускорение – 5 серий);
- бег с парашютом на дистанцию 60 м (ускорение – 4 серии);

– интервальный бег с парашютом на дистанцию 100 м (ускорение – 10 м, бег в медленном темпе – 10 м, ускорение – 10 м, бег в медленном темпе – 10 м и т.д.);

– бег с парашютом на дистанцию 100 м (ускорение – 2 серии).

Программа тренировок была составлена с учётом принципа от простого к сложному. В каждое занятие были включены не более двух упражнений. Всего было проведено в обеих группах по 12 занятий. На первом и последнем занятии был проведён контрольный срез. Согласно нормативного времени в упражнении «Бег на дистанцию 100 м» для курсантов 3-го года обучения составляет: на оценку «отлично» 13,2 секунд, на оценку «хорошо» 13,8 секунд и на оценку «удовлетворительно» 14,4 секунд.

Результаты исследования и их обсуждение.

Как мы видим (табл. 1), при входном контроле в 321 учебной группе было получено: 1 отличная оценка, 4 хороших оценки, 6 удовлетворительных оценок и 3 неудовлетворительных оценки. Среднее время по 321 учебной группе составило: 13,97 сек., что является удовлетворительным показателем для учебной группы в целом.

При входном контроле в 322 учебной группе было получено: 2 отличных оценки, 4 хороших оценки, 6 удовлетворительных оценок и 2 неудовлетворительных оценки. Среднее время по 323 учебной группе составило: 13,82 с, что является удовлетворительным показателем для учебной группы в целом.

При повторном контроле (табл. 2) в 321 учебной группе было получено: 5 отличных оценок, 6 хороших оценок, 6 удовлетворительных оценок и 1 неудовлетворительная оценка. Среднее время по 321 учебной группе составило: 13,49 с, что является хорошим показателем для учебной группы в целом. Показатели улучшились у учебной группы на 0,48 с.

При повторном контроле в 322 учебной группе было получено: 7 отличных оценок, 6 хороших оценок, 6 удовлетворительных оценок и 0 неудовлетворительных оценок. Среднее время по 323 учебной группе составило: 13,12 с, что является отличным показателем для учебной группы в целом. Показатели улучшились у учебной группы на 0,7 с.

Данные таблиц входного и повторного контроля контрольной и экспериментальной группы приедены в диаграмме (рисунок).

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (12) – 2019

Таблица 1. Результаты входного контроля- бег 100 метров

№ п\п	321 учебная группа		322 учебная группа	
	ФИО	Результаты	ФИО	Результаты
1.	Дорошенко М.А.	15.05	Габайдуллов Э.Я.	13.65
2.	Шевцов П.В.	13.52	Сизов М.В.	12.97
3.	Трефилов И.В.	14.45	Бородулин С.О.	13.77
4.	Гильметдинов С.С.	13.93	Бык Н.О.	13.21
5.	Шамсутдинов Т.А.	14.15	Гришкин В.А.	12.04
6.	Курчаев Ж.В.	14.38	Силов С.А.	13.86
7.	Гайтамиров Д.А.	13.99	Чабаненко А.В.	13.44
8.	Поддубнов К.И.	13.76	Пискунов А.А.	14.27
9.	Шишкин Д.А.	14.95	Эдильсултанов Х.А.	13.96
10.	Висков А.С.	13.87	Торицын А.В.	14.64
11.	Тутубалин А.Р.	13.22	Сисенгалиев Д.Д.	14.88
12.	Быданцев А.Ю.	13.24	Кузнецов М.А.	13.92
13.	Баранов Д.А.	14.24	Коротин Ю.А.	14.99
14.	Лабуз А.С.	12.91	Анисимов В.В.	13.94

Таблица 2. Результаты повторного контроля- бег 100 метров

№ п\п	321 учебная группа		322 учебная группа	
	ФИО	Результаты	ФИО	Результаты
1.	Дорошенко М.А.	14.7	Габайдуллов Э.Я.	13.10
2.	Шевцов П.В.	13.10	Сизов М.В.	12.80
3.	Трефилов И.В.	13.32	Бородулин С.О.	13.10
4.	Гильметдинов С.С.	13.22	Бык Н.О.	12.85
5.	Шамсутдинов Т.А.	13.70	Гришкин В.А.	11.58
6.	Курчаев Ж.В.	13.79	Силов С.А.	13.09
7.	Гайтамиров Д.А.	13.54	Чабаненко А.В.	13.22
8.	Поддубнов К.И.	13.25	Пискунов А.А.	13.36
9.	Шишкин Д.А.	14.05	Эдильсултанов Х.А.	13.48
10.	Висков А.С.	13.18	Торицын А.В.	13.62
11.	Тутубалин А.Р.	13.05	Сисенгалиев Д.Д.	13.58
12.	Быданцев А.Ю.	13.12	Кузнецов М.А.	13.05
13.	Баранов Д.А.	13.98	Коротин Ю.А.	13.81
14.	Лабуз А.С.	12.87	Анисимов В.В.	13.07

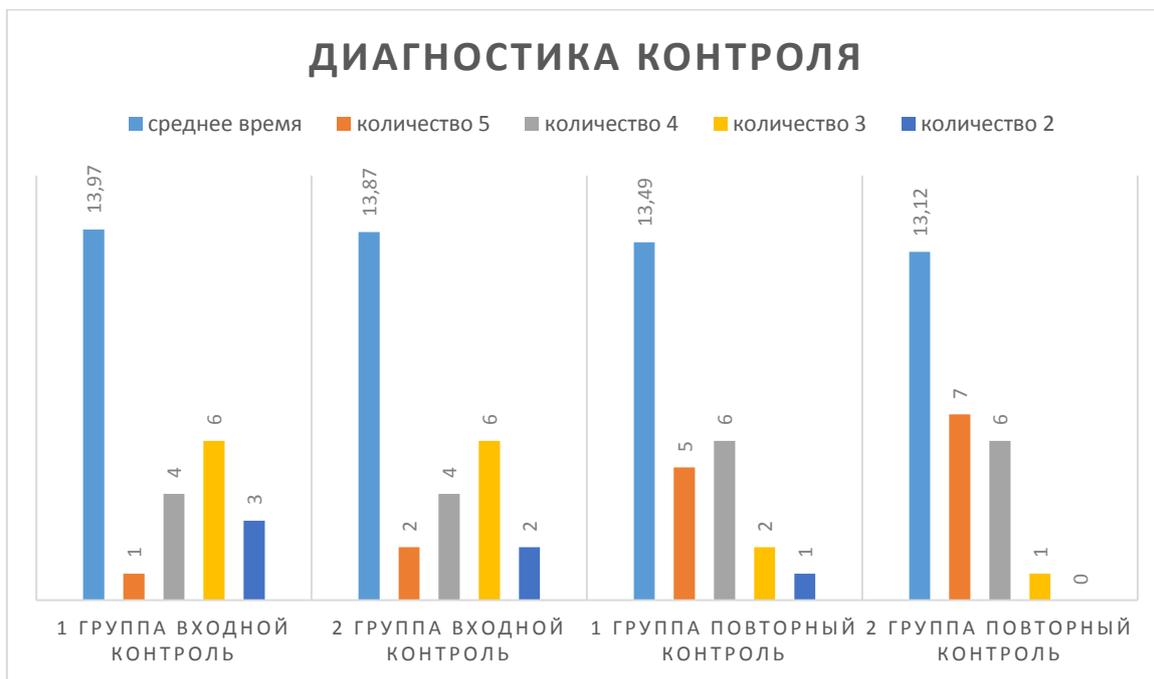


Рисунок. Сравнение показателей по группам при входном и повторном контроле

Вывод:

Сравнивая две группы, можно наблюдать, что при тренировке с дополнительным элементом отягощения «парашютом для бега» показатели улучшились на 0,22 секунды быстрее, нежели без них. Следовательно, данное исследование показало, что в тренировочный процесс необходимо включать средства, ориентированные на упражнения с дополнительным сопротивлением от 30% до 50% от максимального веса.

Список литературы

1. Шипилов Р.М., Матвейчев В.Н., Ишухина Е.В., Розов В.В. Физическая культура в высших учебных заведениях МЧС России пожарно-технического профиля. Часть 4. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2015. 179 с.
2. Ашкинази С.М., Шипилов Р.М., Кузнецов Б.В. К вопросу о совершенствовании процесса физической подготовки сотрудников образовательных учреждений государственной противопожарной службы МЧС России // Учёные записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2016. № 1 (131). С. 18–22.
3. Ишухина Е.В., Сорокин А.А., Лобурева Д.А. Скоростная выносливость и методы ее развития // Актуальные вопросы професси-

С помощью отягощения, можно лучше и качественнее подготовить обучающихся образовательных организаций МЧС России для развития скоростно-силовых качеств.

ональной подготовки пожарных и спасателей: сборник материалов межвузовской научно-практической конференции, Иваново, 21 апреля 2017 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. С. 225–229.

4. Шипилов Р.М., Казанцев С.Г., Ишухина Е.В. Профессиональная подготовка курсантов образовательных учреждений ГПС МЧС России в рамках дисциплины «Физическая культура» // Научный поиск. 2016. № 3. С. 57–61.

5. Шипилов Р.М., Ишухина Е.В., Шалявин Д.Н. Совершенствование методики воспитания выносливости у пожарных // Физическая культура и спорт: воспитание гражданина России: материалы научной (национальной) конференции. М., 2018. С. 89–95.

References

1. Shipilov R.M., Matveichev V.N., Ishukhina E.V., Rozov V.V. *Fizicheskaja kul'tura v vysshih uchebnyh zavedenijah MChS Rossii pozharно-tehnicheskogo profilja. Chast' 4* [Physical education in higher educational institutions of the EMERCOM of Russia of a fire-technical profile. Part 4]. 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», 2015. 179 p.

2. Ashkinazi S.M., Shipilov R.M., Kuznetsov B.V. K voprosu o sovershenstvovanii processa fizicheskoi podgotovki sotrudnikov obrazovatel'nyh uchrezhdenij gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MChS Rossii [On the issue of improving the process of physical training of employees of educational institutions of the State Fire Service EMERCOM of Russia]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgaft*, 2016, issue 1(131), pp. 18–22.

3. Ishukhina E.V., Sorokin A.A., Lobureva D.A. Skorostnaja vynoslivost' i metody ee razvitija [Speed endurance and methods of its development]. *Actual issues of professional training of firefighters and rescuers: a collection of materials of the interuniversity scientific-practical conference*, Ivanovo, 2017, pp. 225–229.

4. Shipilov R.M., Kazantsev S.G., Ishukhina E.V. Professional'naja podgotovka kursantov obrazovatel'nyh uchrezhdenij GPS MChS Rossii v ramkah discipliny «Fizicheskaja kul'tura» [Professional training of cadets of educational institutions of the State fire service of the Emercom of Russia within the discipline «Physical culture»]. *Scientific search*, 2016, issue 3, pp. 57–61.

5. Shipilov R.M., Ishukhina E.V., Shalyavin D.N. Sovershenstvovanie metodiki vospitanija vynoslivosti u pozharных [Improving the method of training endurance in firefighters]. *Physical culture and sport: education of a citizen of Russia: materials of the scientific (national) conference*. Moscow, 2018, pp. 89–95.

Сорокин Алексей Александрович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская федерация, г. Иваново

преподаватель

E-mail: skv0rec19@mail

Sorokin Alexey Alexandrovich

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

teacher

E - mail: skv0rec19@mail

Чистов Павел Вячеславович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская федерация, г. Иваново

преподаватель

E-mail: pchistov1982@mail.ru

Chistov Pavel Vyacheslavovich

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

teacher

Email pchistov1982@mail.ru

Соколов Геннадий Павлович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская федерация, г. Иваново

преподаватель

E-mail: Gennudiy.sokolov@inbox.ru

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (12) – 2019

Sokolov Gennady Pavlovich

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
teacher
E - mail: Gennadiy.sokolov@inbox.ru

Шипилов Роман Михайлович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская федерация, г. Иваново
кандидат педагогических наук, доцент
E-mail: rim-sgpu@rambler.ru

Shipilov Roman Mikhailovich

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
Candidate of pedagogical Sciences, associate Professor
E - mail: rim-sgpu@rambler.ru

УДК 620.19

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ ОТ КОРРОЗИИ

А. В. Топоров, П. В. Пучков, В. Е. Иванов, С. С. Кузин

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: ironaxe@mail.ru, palpuch@mail.ru, vitaliyivanov@yandex.ru, 1.734@inbox.ru

Интенсивно используемая автомобильная техника подвержена негативным воздействиям ряда факторов. Это и неуставившийся режим работы, и реверс, и вибрации, и возможность попадания абразивных частиц в зону контакта трущихся поверхностей, и разнообразие внешних условий эксплуатации, вызванное как переменными нагрузками, так и изменениями в окружающей среде, – все это приводит к существенному повышению интенсивности изнашивания резьбовых соединений.

Применительно к пожарной технике эта проблема наиболее актуальна, поскольку в данной сфере детали узлов трения пожарных и аварийно-спасательных автомобилей кроме транспортного режима эксплуатируются еще и в стационарном, кроме того, они работают и без нагрузки в режиме прогрева и при смене караула во время проведения ежедневного технического осмотра. Изнашивание деталей приводит к ухудшению технических характеристик механизмов, снижению скорости движения пожарных автомобилей, подачи и напора, развиваемых пожарными насосами. Все это приводит к преждевременной постановке автомобилей на техническое обслуживание или ремонт.

Разработка новых высокоэффективных конструкций резьбовых соединений наиболее ответственных деталей пожарной техники может позволить добиться повышения работоспособности техники, используемой в МЧС России и снизить затраты на ее ремонт и эксплуатационные расходы.

Однако, определяющим фактором здесь будет являться простота практической реализации метода, эффективность и относительно низкая требовательность к оснащению оборудованием. Что бы предложить варианты решения защиты резьбовых соединений пожарной техники от воздействия коррозии проведены качественные эксперименты. На основании проведенных испытаний сделаны предварительные выводы относительно использования защитных составов. Предложена конструкция резьбового соединения, в которой для защиты от коррозии используется магнитная жидкость.

Ключевые слова: резьбовые соединения, коррозия, защита, пожарная техника, магнитная жидкость, исследование коррозионной активности.

DEVELOPMENT OF METHODS FOR PROTECTION OF THREADED CONNECTIONS OF FIRE FIGHTING EQUIPMENT AGAINST CORROSION

A. V. Toporov, P. V. Puchkov, V. E. Ivanov, S. S. Kuzin

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: ironaxe@mail.ru, palpuch@mail.ru, vitaliyivanov@yandex.ru, 1.734@inbox.ru

Intensively used automotive technology is subject to the negative effects of a number of factors. These are the unsteady mode of operation, and reverse, and vibration, and the possibility of abrasive particles entering the contact area of rubbing surfaces, and a variety of external operating conditions caused by both variable loads and changes in the environment - all this leads to a significant increase in wear rate threaded connections.

With regard to fire fighting equipment, this problem is most relevant, since in this area parts of friction units of firefighters and rescue vehicles, in addition to transport mode, are also operated in the stationary one, in addition, they work without warming up during warm-up mode and during the changing of the guard during the daily technical inspection. Wearing parts leads to a deterioration of the technical characteristics of

the mechanisms, reducing the speed of movement of fire trucks, feeding and pressure developed by fire pumps. All this leads to premature car maintenance or repair.

The development of new high-performance designs of threaded joints of the most critical parts of fire-fighting equipment can make it possible to increase the efficiency of the equipment used in EMERCOM of Russia and reduce the cost of its repair and operating costs.

However, the determining factor here will be the simplicity of the practical implementation of the method, efficiency and relatively low demands on equipment. To offer solutions to protect the threaded connections of fire equipment from the effects of corrosion, qualitative experiments have been carried out. On the basis of the conducted tests, preliminary conclusions were made regarding the use of protective compounds. The proposed design of the threaded connection, in which magnetic fluid is used for corrosion protection.

Key words: threaded connections, corrosion, protection, fire equipment, magnetic fluid, corrosivity study.

Проблема коррозионной защиты резьбовых соединений пожарной техники является очень актуальной. Резьбовые соединения применяемые в пожарной технике работают в условиях повышенной влажности, грунтовой загрязненности, при высоких температурах, в агрессивных средах, в результате чего они теряют свою подвижность. Основной причиной потери подвижности резьбовых соединений является окисление и деформация витков резьбы. Чтобы повысить коррозионную стойкость резьбовых соединений, известны следующие способы защиты поверхности резьбы: оксидирование (оцинковка), пассивация поверхности ингибиторами коррозии, смазка твердыми и жидкими смазочными материалами и др. Данные способы защиты поверхности не являются универсальными, а для резьбовых соединений, предназначенных для работы в особо активных коррозионных средах мало пригодны. Поэтому поиск вариантов решения проблемы защиты резьбовых соединений при работе в тяжелых условиях является актуальной задачей. Повышение эксплуатационных параметров, надёжности и долговечности резьбовых соединений деталей пожарной техники, предназначенных для работы в тяжелых

условиях – один из путей повышения надёжности и срока службы безотказной работы дорогостоящих аппаратов и механизмов [1].

Что бы качественно оценить воздействие различных коррозионно-активных сред на работоспособность резьбовых соединений был проведен ряд исследований.

Для исследований коррозионного воздействия воды и растворов на ее основе на крепежные резьбовые соединения были использованы болты с метрической резьбой М12 с цинковым защитным покрытием.

Цинковое покрытие выступает в качестве анодной защиты от коррозии стального тела болта. Маркировка болтов 5.8, что говорит нам о механических свойствах данного изделия: болт изготовлен из низкоуглеродистой (среднеуглеродистой) стали, предел прочности составляет 380Мпа, предел текучести при растяжении 420 Мпа, временное сопротивление 520 МПа., момент затяжки таких болтов не должен превышать 50 Нм, шаг резьбы 1,75. Материал болтов: сталь 10, 20, обладают невысокой прочностью на разрыв. Такие болты можно применять для малонагруженных соединений. В табл. 1 представлены параметры эксперимента.

Таблица 1. Основные параметры предварительного эксперимента

№ образца	Агрессивная среда	Время выдержки в агрессивной среде	Момент затяжки резьбы, $M_{зат}$ (Н*м)	Вид смазки
1	Проточная вода (Емкость №6)	23.10.2018	50,0	нет
		17.01.19		
2	Вода соленая (100 мл. H ₂ O + 5 г. NaCl)(Емкость №7)	23.10.2018	50,0	нет
		17.01.19		
3	Дистиллированная вода(Емкость №8)	23.10.2018	50,0	нет
		17.01.19		

№ образца	Агрессивная среда	Время выдержки в агрессивной среде	Момент затяжки резьбы, $M_{зат}$ (Н*м)	Вид смазки
4	Соленая вода (200 мл. H ₂ O + 20 г. NaCl)	23.10.2018	50,0	Моторное масло
		17.01.19		
5	Соленая вода (200 мл. H ₂ O + 20 г. NaCl)	23.10.2018	50,0	Консистентная смазка
		17.01.19		
6	Соленая вода (200 мл. H ₂ O + 20 г. NaCl)	23.10.2018	50,0	Высокотемпературный силиконовый автомобильный герметик (красный)
		17.01.19		

Целью предварительных исследований являлось качественное определение времени и фаз коррозии при воздействии основных коррозионно-активных в контакте с которыми могут находиться резьбовые соединения пожарных автомобилей [2]. Резьбовые соединения помещались в прозрачную емкость и подвергались ежедневному осмотру.

Измерения момента страгивания резьбы (создание нормированного момента затяжки) выполнялись с помощью ключа моментного показывающего КМ-140.

Для исследования агрессивного влияния воды и ее растворов в качестве агрессивных сред использовали следующие жидкости: водопроводная вода, дистиллированная вода и водный раствор поваренной соли (17г NaCl + 100 мл H₂O). Эксперимент проводился при полном погружении в жидкость болта М12 с накрученным на него гайкой, при температуре окружающего воздуха и жидкости T=20°C, затяжка болтов производилась при помощи динамометрического ключа, выдержка в течение 14 суток.

Как и следовало ожидать первым стало разрушаться защитное цинковое покрытие с образованием на поверхности резьбы продуктов коррозии белого цвета (рис. 1), так как цинк в данном случае играет роль жертвенного анода (он обладает более отрицательным электродным потенциалом в отличие от железа $\varphi_{Zn} = -0,76$ В, а $\varphi_{Fe} = -0,44$ В).



Рис. 1. Болт М12 с гайкой с продуктами коррозии цинка (выдержка 14 суток)

При воздействии электролита (водопроводной воды, соленой воды) на два различных металла железо и цинк, цинк разрушался с образованием на резьбе окислов белого цвета, а электроны перетекали на железо и восстанавливали его. По результатам эксперимента ржавчины на резьбовой поверхности испытуемых образцов не образовалось, что свидетельствует о том, что цинковое анодное покрытие хорошо защищает металл от агрессивного воздействия окружающей среды. Хотя само цинковое покрытие потеряло первоначальный блеск, что свидетельствует о его разрушении. Однако коррозия образцов происходила с участием кислорода растворенного в экспериментальных жидкостях, содержание которого не так велико. Поэтому могу предположить, что на воздухе при неполном погружении резьбовой поверхности в жидкость процесс коррозии болтов протекал бы более интенсивно. Это можно объяснить достаточным количеством окислителя (кислорода), присутствующего в атмосферном воздухе.

После 60 дневного срока выдержки резьбовых соединений в соленой воде на резьбовой поверхности появились продукты коррозии железа- ржавчина (см. рис. 2). Условия испытания были достаточно жесткие, постоянное погружение резьбовых соединений в соленую воду, которая является сильным электролитом, на длительный срок. Анодное цинковое покрытие не справилось со своей задачей.



Рис. 2. Болт М12 с гайками (выдержка 60 суток)

Резьбовые соединения на которые предварительно были нанесены различные смазочные материалы и герметик не подверглись воздействию коррозии.

Таким образом, в ходе предварительных испытаний установлено, что в агрессивной среде цинковое анодное покрытие не обеспечивает защиту от коррозии резьбовых соединений более 60 суток при непрерывном контакте со средой. Нанесение барьерных покрытий, даже не предназначенных изначально для защиты от коррозии, позволило предотвратить этот процесс.

На втором этапе испытаний проводился эксперимент, который был направлен на изучение момента откручивания резьбового

соединения после некоторого времени воздействия на него соленой воды.

Для эксперимента использовались такие же резьбовые соединения, как и в первом случае.

На основании предварительных испытаний срок выдержки резьбовых соединений в коррозионно-активной среде был выбран 60 суток. В ходе эксперимента использовалось по 3 образца каждого резьбового соединения. Момент старгивания измерялся для каждого соединения. Для аналогичных соединений определялось среднее значение момента страгивания.

Параметры и результаты эксперимента представлены в табл. 2.

Таблица 2. Основные параметры эксперимента по определению момента страгивания резьбового соединения после воздействия коррозии

№ Рез. соед.	Материал, защищающий резьбу (смазка)	Момент затяжки резьбы, $M_{зат}$ (Н*м)	Момент страгивания резьбы, $M_{зат}$ (Н*м) (после эксперимента)	Агрессивная среда	Время выдержки в агрессивной среде
1	Без защиты	50,0	72,0	Раствор: 500 мл (H ₂ O) + 37,5 г. (NaCl)	19.11.18 - 18.01.19 (60 суток)
2	Моторное масло	50,0	67,0		
3	Консистентная смазка	50,0	61,0		
4	Высокотемпературный автомобильный силиконовый герметик (красный)	50,0	53,0		

Как видим из табл. 2, максимальный момент старгивания резьбового соединения после воздействия коррозии составляет 72 Нм, что превышает момент затяжки на 44%. Нанесение жидкой смазки и консистентной смазки позволило уменьшить момент страгивания, однако его величина все равно значительно (на 34 % и на 22 % соответственно) превышает величину момента первоначальной затяжки винтов. Наилучшие результаты удалось добиться при нанесении на резьбовое соединение герметика. В этом случае момент страгивания был лишь незначительно больше момента первоначальной затяжки винта.

На основании измерений моментов страгивания резьбовых соединений подвергшихся воздействию агрессивной среды установлено, что защитное металлическое анодное покрытие выполняет свои функции лишь в течение определенного времени. Для надежной защиты соединения необходимо наносить на него барьерное покрытие, которое препят-

ствует контакту резьбы с агрессивной средой. Важным моментом является удержание барьерного покрытия на резьбовом соединении.

Применение для этих целей специальных герметиков позволяет добиться лучших результатов, однако, при необходимости частой сборки – разборки соединений требуется постоянного наличия таких материалов. Поэтому, актуальной задачей может быть разработка метода удержания защитного материала в области соединения. Одним из перспективных способов удержания барьерного материала в резьбовом соединении может быть использование магнитных жидкостей.

Магнитные жидкости-это двухфазные высокодисперсные суспензии (коллоидные растворы) состоящие из твердых ферромагнитных материалов, (диаметр одной частицы ферро- или ферримагнетика составляет около 10 нанометров) с жидкостной основой, такой как вода, жидкие углеводороды, кремний- и фторорганические жидкости. Третья фаза в

растворе – поверхностно-активная защитная оболочка толщиной около 2 нанометров на поверхности частиц [27, 30, 51].

Но, чтобы применить магнитную жидкость в качестве смазки в резьбовых соединениях, необходимо создать в зазоре резьбового соединения постоянное магнитное поле с определенной величиной его напряженности. Для решения этой технической задачи необходимо усовершенствовать конструкции обычных резьбовых соединений (винтов и гаек), путем установки в их тела магнитных систем, в качестве которых могут использоваться постоянные магниты из различных материалов.

Использование магнитной системы в устройствах с магнитной жидкостью предполагает расчет их магнитных характеристик.

Существует несколько методов расчета магнитных систем, из которых наиболее распространенными являются метод вероятных путей магнитного потока, метод конечных разностей и метод конечных элементов. Метод вероятных путей магнитного потока больше всего пригоден для инженерных расчетов. Погрешности, возникающие при применении этого метода могут достигать 20–30% и в значительной степени зависят от опыта инженера. Наиболее точными являются реализованные на вычислительной технике метод конечных разностей и метод конечных элементов. Однако, метод конечных элементов позволяет более корректно описать расчетную область, что приводит к уменьшению погрешности вычислений. Поэтому, применение этого метода при исследовании магнитных полей в электромагнитных устройствах наиболее предпочтительно. При расчетах магнитных полей использовалась система конечноэлементного моделирования FEMM 4.3.

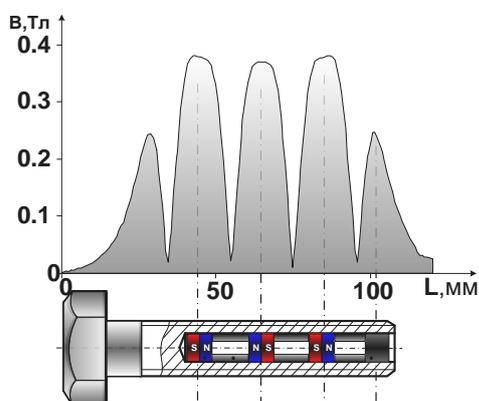
Как вариант решения проблемы защиты винта от коррозии может послужить трибологически безопасное резьбовое соединение «открытого» типа [3,4, 5].

Резьбовое соединение (рис. 3. а) содержит элемент с наружной резьбой – винт и элемент с внутренней резьбой – гайку, постоянный кольцевой магнит и магнитную жидкость в качестве смазки [6]. На рис.3-б. изображен график, показывающий распределение линий магнитной индукции вдоль рабочей поверхности винта. Из графика видно, что постоянные магниты, установленные в теле винта образуют на его поверхности магнитное поле, имеющее индукцию 320 - 370 мТл.

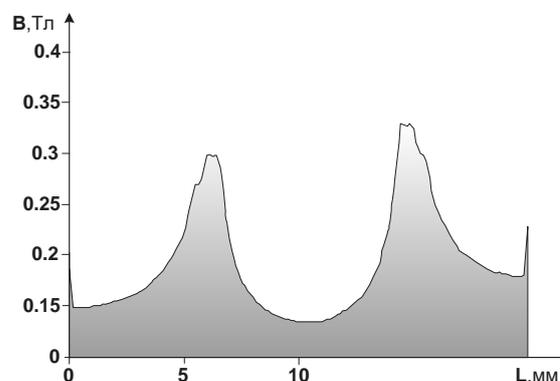
Как видно из графика распределения магнитной индукции по торцевой поверхности винта (см. Рис. 3-в.) индукция на торце меньше чем на рабочей поверхности. Поэтому магнитная смазочная жидкость будет удерживаться и стягиваться на рабочую резьбовую поверхность соединения. Величина магнитной индукции на резьбовой поверхности винта как на воздухе так и в металле достаточная (порядка 0.3 - 0.4Тл).

По результатам проведенных расчетов магнитной системы представленного резьбового соединения можно сделать вывод, что магнитная жидкость будет надежно удерживаться в нарезной части такого болта и предохранять его от коррозии.

Таким образом, применение магнитной жидкости в качестве барьерного материала при защите резьбовых соединений от коррозии может быть перспективным направлением решения поставленной задачи. В дальнейшей работе необходимо подобрать состав магнитной жидкости обладающей наилучшими коррозионно-защитными свойствами.



а



б

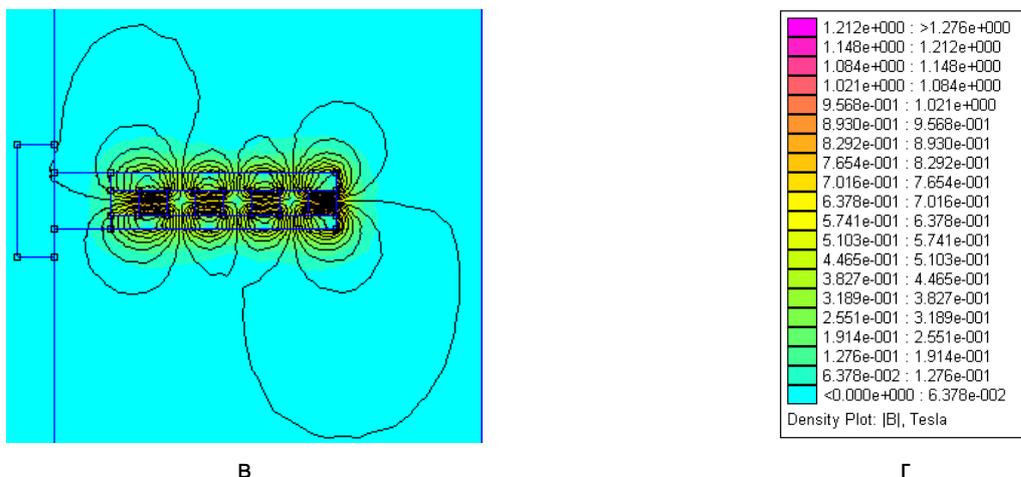


Рис. 3. Винт с отверстием и помещенными внутрь постоянными магнитами. Проставки магнитные. Изменено чередование магнитов и проставок. Винт окружен магнитной средой: а – картина распределения магнитного поля; б – распределение магнитной индукции вдоль рабочей поверхности винта; в – распределение магнитной индукции по торцевой поверхности винта. г – картина распределения магнитного поля

Список литературы

References

1. Защита от коррозии, старения и био-повреждений машин, оборудования и сооружений: справочник: В 2 т. Т. 2 / Под ред. А.А. Герасименко. М.: Машиностроение, 1987. 784 с.
2. Андреев И.Н., Межевич Ж.В., Гильманшин Г.Г. Электрохимические технологии защиты от коррозии крупных объектов техники. Казань: КГТУ, 2004. 78 с.
3. Патент РФ на полезную модель №52619, МПК 7 F16H 25/20. Трибологически безопасное открытое резьбовое соединение / Подгорков В.В., Пучков П.В. Опубликовано 10.04. 2006 Бюл. №10.
4. Пучков П.В., Подгорков В.В. Трибологически безопасное открытое резьбовое соединение // Физика, химия и механика трибосистем: межвузовский сборник научных трудов, вып. 4. Иваново: ИвГУ, 2005. С. 105–106.
5. Пучков П.В. Магнитные жидкости и применение их в технике // Автоматизированная подготовка машиностроительного производства технология и надёжность машин, приборов и оборудования: материалы Международной научно-технической конференции. Т. 1. Вологда: ВоГТУ, 2005. С. 80–84.

1. *Zashchita ot korrozii, stareniya i biopovrezhdenij mashin, oborudovaniya i sooruzhenij: spravochnik: V 2 t. T. 2* [Protection against corrosion, ageing and bio-damage to the machinery, equipment and structures: a handbook. Vol. 2]. Moscow, 1987. 784 p.
2. Andreev I.N., Mezhevich Zh.V., Gil'manshin G.G. *EHlektrohimicheskie tekhnologii zashchity ot korrozii krupnyh ob"ektov tekhniki*. [Electrochemical corrosion protection technology of large objects technology]. Kazan': KGTU, 2004. 78 p.
3. Patent RF na poleznuyu model' №52619, MPK 7 F16H 25/20. *Tribologicheskii bezopasnoe otkrytoe rez'bovoe soedinenie* [Tribologicheskii safe open fitting] / Podgorkov V.V., Puchkov P.V. Opublikovano 10.04. 2006 Byul. №10.
4. Puchkov P.V., Podgorkov V.V. Tribologicheskii bezopasnoe otkrytoe rez'bovoe soedinenie [Tribologicheskii safe open fitting]. *Fizika, himiya i mekhanika tribosistem*, issue 4. Ivanovo: IvGU, 2005, pp. 105–106.
5. Puchkov P.V. Magnitnye zhidkosti i primenenie ih v tekhnike [Magnetic fluids and their application in engineering]. *Avtomatizirovannaya podgotovka mashinostroitel'nogo proizvodstva tekhnologiya i nadyozhnost' mashin, priborov i oborudovaniya*, vol. 1. Vologda: VoGTU, 2005, pp. S. 80–84.

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (12) – 2019

Топоров Алексей Валериевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент

E-mail: ironaxe@mail.ru

Toporov Aleksey 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

candidate of tech. sciences, assistant professor

E-mail: ironaxe@mail.ru

Пучков Павел Владимирович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: palpuch@mail.ru

Puchkov Pavel Vladimirovich

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

candidate of tech. sciences, senior lecturer

E-mail: palpuch@mail.ru

Иванов Виталий Евгеньевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: vitaliyivanov@yandex.ru

Ivanov Vitaliy Evgenievich

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

candidate of tech. sciences, senior lecturer

E-mail: vitaliyivanov@yandex.ru

Кузин Станислав Сергеевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

магистрант

E-mail: 1.734@inbox.ru

Kuzin Stanislav Sergeevich

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

master student

E-mail: 1.734@inbox.ru

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ И ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 537.525

ПЛАЗМОХИМИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ МЕТАНА

А. М. ЕФРЕМОВ^{1,2}, С. В. БЕЛЯЕВ¹, Д. Г. СНЕГИРЕВ¹¹ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново²ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: anefremov@yandex.ru

Проведено комплексное (при совместном использовании методов диагностики и моделирования плазмы) исследование закономерностей физико-химических процессов, формирующих стационарные электрофизические параметры и состав плазмы CH_4 и CH_4+Ar . Получены новые (на основе расширенного набора реакций и уточненных кинетических характеристик) расчетные данные по 1) концентрациям нейтральных и заряженных частиц; и 2) кинетике и механизмам плазмохимических процессов, определяющих конверсию метана в стабильные углеводородные продукты в условиях неравновесной низкотемпературной плазмы.

Установлено, что в исследованном диапазоне условий вид энергетического распределения электронов в основном определяется процессами их взаимодействия с молекулами CH_4 . Найдено, что стационарные концентрации радикалов и стабильных продуктов конверсии формируются объемными атомно- и радикально-молекулярными процессами. Показано, что разбавление метана аргоном при постоянных внешних параметрах разряда вызывает деформацию функции распределения электронов по энергиям, сопровождающуюся увеличением средней энергии электронов, и ростом концентрации электронов. Установлено, что варьирование начального состава смеси CH_4+Ar влияет на кинетику нейтральных частиц через изменение эффективности процессов при электронном ударе и реакции с участием метастабильных атомов $\text{Ar}(^3\text{P}_{0,1,2})$.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки и оптимизации технологических процессов с участием неравновесной низкотемпературной плазмы метана и его смесей с инертными газами.

Ключевые слова: метан; низкотемпературная плазма; кинетическая схема; конверсия; скорость реакции; диссоциация.

PLASMA CHEMICAL CONVERSION OF METHANE

A. M. EFREMOV^{1,2}, S. V. BELYAEV¹, D. G. SNEGIREV¹¹Federal 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, Ivanovo²Federal State budgetary educational Institution of higher Education
«Ivanovo State University of Chemistry and Technology»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: anefremov@yandex.ru

The complex investigation (with the simultaneous use of both experimental and modeling methods) of physical and chemical processes which determine the steady-state electro-physical parameters and composition for CH_4 and CH_4+Ar plasmas was carried out. The new model-predicted data (based on the extended reaction set and more accurate kinetic coefficients) on 1) densities of neutral and charged species; and 2)

kinetics and mechanism of plasma chemical process determining the conversion of methane into stable products under the conditions of non-equilibrium low-temperature plasma were obtained.

It was found that, within the investigated range of process conditions, the electron energy distribution function depends mainly on the electron interactions with CH₄ molecules. It was shown that the steady-state densities of radicals and stable conversion products are under the influence of gas-phase atom-molecular and radical-molecular reactions. The dilution of methane by argon under the constant process conditions results in the deformation of the electron energy distribution function which is escorted by an increase in both mean electron energy and electron density. It was shown that the initial composition of CH₄+Ar gas mixture influences the kinetics of neutral species through the efficiency of electron-impact processes and gas-phase reactions involving metastable atoms Ar(³P_{0,1,2}).

The obtained results may be useful for the development and optimization of technological processes dealt with both pure methane and methane-noble gas mixture plasmas.

Key words: methane; low-temperature plasma; kinetic scheme; conversion; reaction rate; dissociation.

Введение

Неравновесная низкотемпературная плазма метана и смесей на его основе находит применение в процессах конверсии углеводородного сырья и при формировании различных покрытий (полимерные пленки, углеродные нанотрубки и нановолокна, алмазоподобные пленки). В частности, промышленные технологии плазменной конверсии метана направлены на его перевод в непредельные углеводороды (этан, ацетилен), обладающие высокой способностью полимеризации за счет раскрытия двойных или тройных связей. Именно такие углеводороды востребованы в качестве исходного сырья при производстве широкого ряда полимерных материалов и пластических масс [1, 2].

Реализация технологий плазменной конверсии метана требует понимания взаимосвязей внешних (задаваемых) параметров плазмы, ее внутренних электрофизических характеристик и стационарных концентраций активных частиц, обеспечивающих формирование стабильных продуктов конверсии. По результатам предшествующих исследований [3-5], для систем CH₄ и CH₄+Ar в целом сформированы наборы процессов в газовой фазе, определяющих стационарный состав плазмы, выявлены основные кинетические закономерности образования и гибели нейтральных и заряженных частиц, определены зависимости их концентраций от внешних параметров разряда. Однако возможность использования этих данных для анализа закономерностей и механизмов плазменной конверсии ограничивается узостью исследованных диапазонов условий, корректностью составления кинетических схем и достоверностью данных по кинетическим характеристикам отдельных процессов. В частности, многие работы выполнены для газовых смесей, в которых метан не является основ-

ным компонентом, а также в условиях, характерных для процессов плазменного осаждения, а не конверсии. Необходимо отметить также, что практически все исследования системы CH₄+Ar касаются смесей фиксированного (либо варьируемого в узких пределах) начального состава, при этом вопросы влияния начального состава смеси на электрофизические параметры плазмы, концентрации активных частиц и кинетику плазмохимических процессов не получили должного внимания.

С учетом вышесказанного, целью настоящей работы служило: 1) выявление основных стабильных продуктов плазмохимических реакций в метане; и 2) анализ кинетических закономерностей и механизмов формирования стабильных продуктов в условиях неравновесной низкотемпературной плазмы CH₄ и CH₄+Ar.

Методическая часть

Экспериментальные исследования параметров плазмы проводились в стеклянном цилиндрическом ($r = 1.3$ см, $l = 54$ см) проточном реакторе при возбуждении тлеющего разряда постоянного тока. Варьируемыми параметрами служили ток разряда ($i = 20-70$ мА), давление газа ($p = 40-260$ Па) и объемный расход газа ($q = 0.027 - 0.4$ см³/с). В качестве источника CH₄ использовался природный метан с содержанием основного компонента не менее 95%. Начальный состав смесей CH₄+Ar задавался парциальными давлениями компонентов p_i при $p = \text{const}$. Мольные доли компонентов исходной смеси определялись как $y_i = p_i/p$. Измерения осевой напряженности электрического поля (E) в зоне положительно-го столба разряда проводились методом зондов Лангмюра. Для минимизации полимеризации на зондах использовалась их импульсная очистка ионной бомбардировкой. Температуру

газа (T) определяли при решении уравнения теплового баланса разрядной трубки в условиях естественного охлаждения с использованием экспериментальных данных по температуре наружной стенки. Второй метод определения T основывался на измерении спектральным методом неразрешенной вращательной структуры полосы N_2 ($C^3\Pi_u - B^3\Pi_g, 0-2$). Регистрация спектров излучения проводилась через торцевое оптическое кварцевое окно с помощью спектрометров AvaSpec-2048-2 и AvaSpec-3648 в диапазоне длин волн 200–1000 нм. При расчетах параметра E/N , где $N = p/k_B T$ – общая концентрация частиц, использовалась величина T , усредненная на $0.5r$.

Алгоритм самосогласованного моделирования плазмы базировался на совместном решении кинетического уравнения Больцмана, уравнений химической кинетики нейтральных и заряженных частиц и уравнения электропроводности [6]. Кинетическая схема (набор реакций и соответствующих кинетических коэффициентов) была сформирована по данным работ [3-5] Выходными параметрами модели служили стационарные значения приведенной напряженности поля E/N , функция распределения электронов по энергиям (ФРЭЭ), интегральные характеристики электронного газа (средняя энергия $\bar{\varepsilon}$, скорость дрейфа v_E , приведенные коэффициент диффузии $D_e N$ и подвижность $\mu_e N$), константы скоростей процессов под действием электронного удара, а также средние по объему плазмы концентрации частиц и их потоки на поверхность.

Результаты и их обсуждение

При исследовании плазмы чистого CH_4 было найдено, что варьирование тока разряда от 30–70 мА при $p = \text{const}$ не приводит к существенному изменению E/N , ФРЭЭ и интегральных характеристик электронного газа (рис. 1). Напротив, рост давления газа в диапазоне 40–200 Па при $i = \text{const}$ сопровождается снижением доли высокоэнергетичных электронов в ФРЭЭ (рис. 2), скорости дрейфа электронов ($v_E = 11.3 \times 10^6 - 8.0 \times 10^6$ см/с) и их средней энергии ($\bar{\varepsilon} = 5.1 - 4.1$ эВ). Аналогичным образом изменяются и константы скоростей процессов под действием электронного удара, для которых справедливо условие $\varepsilon_{th} > \bar{\varepsilon}$, где ε_{th} – пороговая энергия.

Стационарные концентрации электронов и положительных ионов формируются балансом скоростей ионизации молекул метана $R1: CH_4 + e \rightarrow CH_4^+ + 2e$ и диффузионной гибели $R2: CH_4^+, e \rightarrow \text{стенка}$. Отрицательные

ионы образуются в реакции $R3: CH_4 + e \rightarrow CH_3 + H^-$, а их гибель обеспечивается реакцией ассоциативного отрыва электрона $R4: H^- + H \rightarrow H_2 + e$, доминирующей над отлипанием под действием электронного удара ($R5: H^- + e \rightarrow H + 2e$) и ион-ионной рекомбинацией ($R6: H^- + CH_4^+ \rightarrow H + CH_4$) (рис. 3(a)). Рост давления газа при $i = \text{const}$ приводит к увеличению концентраций всех типов заряженных частиц, при этом характер изменения n_+ является более быстрым по сравнению с n_e (рис. 3(б)). Это обусловлено резким снижением эффективного коэффициента диффузии ионов D_+ и частоты их диффузионной гибели ($D_+/\Lambda^2 = 1.3 \times 10^5 - 4.7 \times 10^4$ с⁻¹ при $p = 40-200$ Па, $i = 50$ мА) из-за снижения длины свободного пробега и увеличения n_-/n_e . Снижение D_+ обуславливает также уменьшение плотности потока ионов на стенку разрядной трубки ($\Gamma_+ = 6.0 \times 10^{15} - 1.6 \times 10^{15}$ см⁻²с⁻¹ при $i = 30$ мА и $14.6 \times 10^{15} - 5.0 \times 10^{15}$ см⁻²с⁻¹ при $i = 70$ мА, $p = 40-200$ Па). Относительная концентрация отрицательных ионов n_-/n_e следует поведению величины n_- , рост которой обеспечивается ростом скорости $R3$ и снижением эффективности $R4$. Увеличение тока разряда при $p = \text{const}$ приводит к росту n_+ , n_- и n_e по закону, близкому к прямой пропорциональности.

Основным механизмом разложения метана на нейтральные продукты является реакция $R7: CH_4 + e \rightarrow CH_3 + H + e$, при этом низкие (менее 25%) степени диссоциации CH_4 в плазме (рис. 4) обеспечиваются быстрым восстановлением исходных молекул по $R8: CH_3 + H \rightarrow CH_4$.

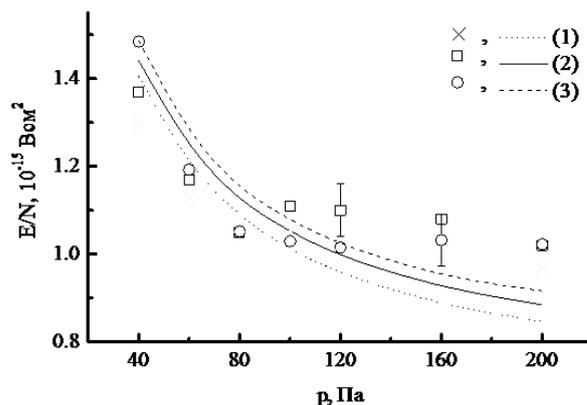


Рис. 1. Приведенная напряженность электрического поля в плазме CH_4 при $i = 30$ мА (1), 50 мА (2) и 70 мА (3). Точки – эксперимент, линии – расчет

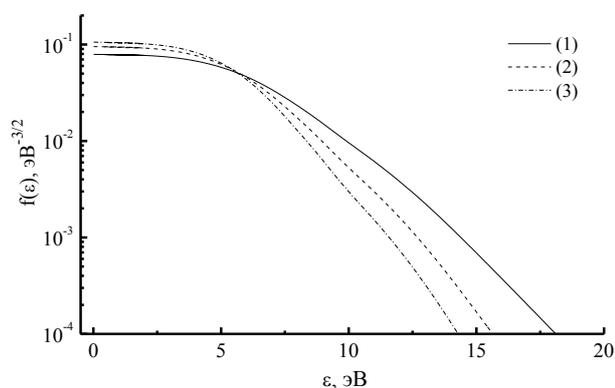


Рис. 2. Функция распределения электронов по энергиям в плазме CH_4 1– $p = 40$ Па, 2–100 Па, 3–200 Па

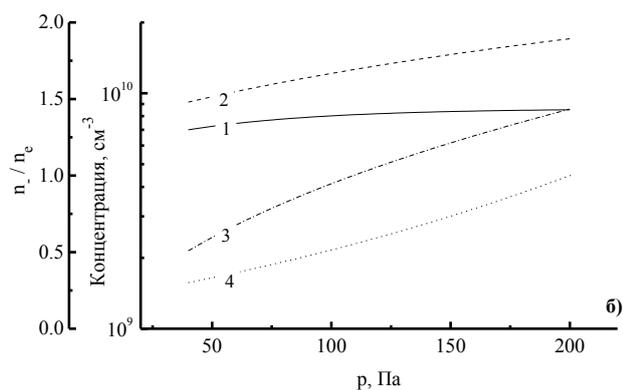
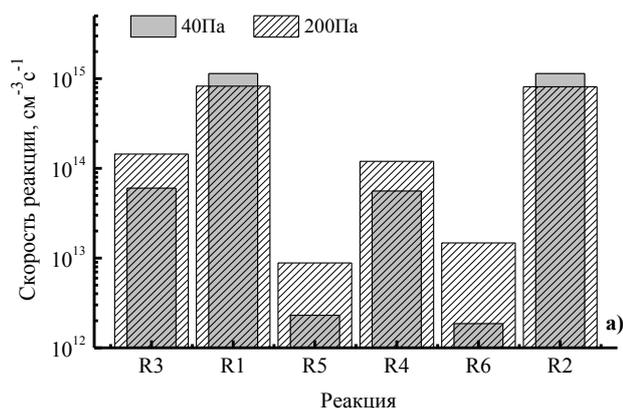


Рис. 3. Скорости процессов образования–гибели (а) и концентрации (б) заряженных частиц в плазме CH_4 при $i = 50$ мА:

1 – электроны, 2 – положительные ионы, 3 – отрицательные ионы, 4 – n_-/n_e

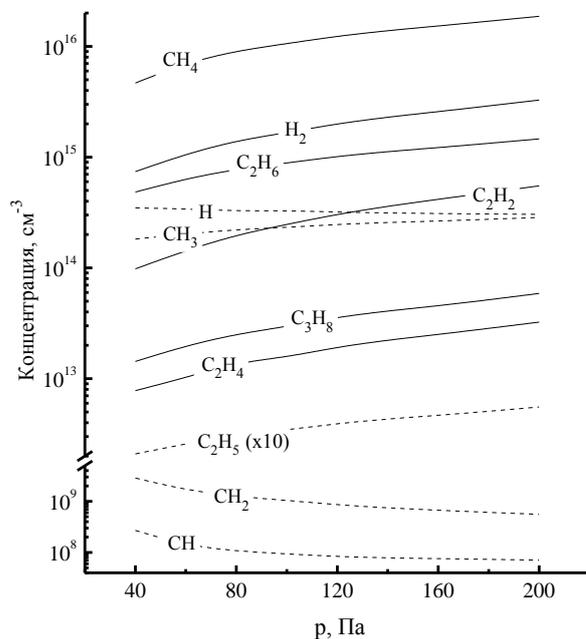


Рис. 4. Концентрации нейтральных частиц в плазме CH_4 при $i = 50$ мА

Напротив, стационарные концентрации радикалов и стабильных продуктов плазмохимических реакций формируются при преимущественном вкладе объемных атомно- и радикально-молекулярных процессов. Среди радикалов доминируют H и CH_3 , а среди молекулярных продуктов – водород, этан и ацетилен (рис. 4). Низкие (менее 5%) концентрации H и CH_3 обусловлены высокой скоростью их расходования в объемных процессах. Противоположный характер изменения n_{CH_3} и n_{H} с ростом давления газа (1.8×10^{14} – 3.0×10^{14} cm^{-3} и 3.3×10^{14} – 3.1×10^{14} cm^{-3} , соответственно, при $i = 50$ мА и $p = 40$ – 200 Па) связан с высокими скоростями протекания R8: $\text{CH}_4 + \text{H} \rightarrow \text{CH}_3 + \text{H}_2$ и R9: $\text{C}_2\text{H}_5 + \text{H} \rightarrow \text{CH}_3 + \text{CH}_3$. Эти процессы одновременно приводят к гибели атомарного водорода и образованию метил-радикалов. Основными каналами образования этана являются реакции R10: $\text{CH}_3 + \text{CH}_3 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6$ и R11: $\text{C}_2\text{H}_5 + \text{H} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6$, скорости которых близки во всем исследованном диапазоне параметров разряда. Высокая скорость R10 обеспечивается высокой концентрацией CH_3 , а R11 поддерживается быстрой генерацией радикалов C_2H_5 по механизмам R12: $\text{C}_2\text{H}_6 + e \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5 + \text{H} + e$ и R13: $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5$. Основным источником ацетилена является диссоциация этилена (C_2H_4) по механизму R14: $\text{C}_2\text{H}_4 + e \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2$

+ e, при этом высокие скорости генерации самого C_2H_4 обеспечиваются процессами R15: $C_3H_8 + e \rightarrow C_2H_4 + CH_4 + e$, R16: $CH_3 + C_2H_5 \rightarrow C_2H_4 + CH_4$ и R17: $C_2H_5 + H \rightarrow C_2H_4 + H_2$. Увеличение тока разряда при $p = const$ вызывает рост концентраций радикалов, но снижение концентраций молекул. Причиной этого является увеличение скоростей диссоциации электронным ударом за счет увеличения n_e . Представленные данные однозначно свидетельствуют в пользу того, что в исследованном диапазоне условий стационарный состав плазмы метана формируется объемными атомно- и радикально-молекулярными процессами. Таким образом, можно ожидать слабую чувствительность состава плазмы к материалу рабочей камеры реактора через вероятности гетерогенной рекомбинации нейтральных частиц. Отметим также, что полученные нами степени разложения метана, а также относительные концентрации молекул и радикалов удовлетворительно согласуются с данными работ [7, 8].

Ранее в работах [9, 10] было установлено, что комбинирование молекулярного и благородного газа в рамках одной смеси может оказывать влияние на кинетику плазмохимических процессов через изменение электрофизических параметров плазмы (средней энергии электронов и констант скоростей процессов при электронном ударе) и появление дополнительных каналов диссоциации при взаимодействии молекулярных частиц с метастабильными атомами. Исследование системы CH_4+Ar показало существенную зависимость электрофизических параметров и состава плазмы от начального состава смеси. Варьирование начального состава смеси CH_4+Ar в сторону роста y_{Ar} при $p, i = const$ приводит к монотонному снижению E/N (рис. 5). Это связано с одновременным снижением частот объемной ($k_3 n_{CH_4}$) и диффузионной (k_2) гибели электронов в условиях $k_3 n_{CH_4} < k_2$. Изменение ФРЭЭ (рис. 6) не согласуется с поведением E/N и сопровождается увеличением доли высокоэнергичных электронов и средней энергии электронов ($\bar{\epsilon} = 4.5-5.5$ эВ при $y_{Ar} = 0-100\%$ и $i = 50$ мА). Причиной этого являются малые (по сравнению с CH_4) потери энергии электронов в неупругих процессах с участием Ar. Снижение частоты диффузионной гибели электронов с ростом y_{Ar} обеспечивает увеличение n_e . Постоянство параметра n_-/n_e вплоть до $y_{Ar} = 60-70\%$ связано с увеличением эффективности R3 из-за роста $k_3 n_e$. Величина n_+ в условиях $n_-/n_e < 1$ следует изменению n_e , при этом

разбавление метана аргоном сопровождается увеличением и Γ_+ . Физически, это обеспечивается снижением коэффициента диффузии D_+ и частоты диффузионной гибели ионов из-за снижения длины свободного пробега (при увеличении давления газа), эффективного размера и массы доминирующего иона (при увеличении y_{Ar}).

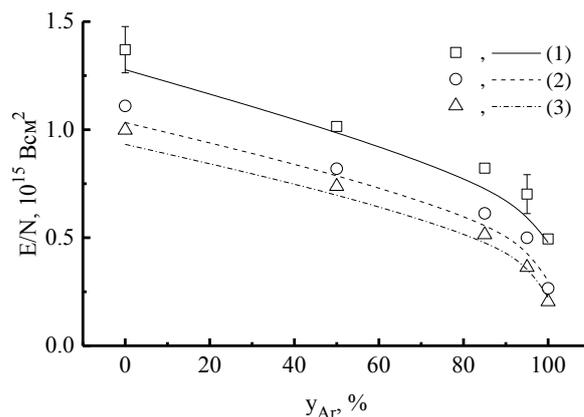


Рис. 5. Приведенная напряженность электрического поля в плазме CH_4+Ar при $p = 40$ Па (1), 100 Па (2), 200 Па (3) и $i = 50$ мА.

Точки – эксперимент, линии – расчет

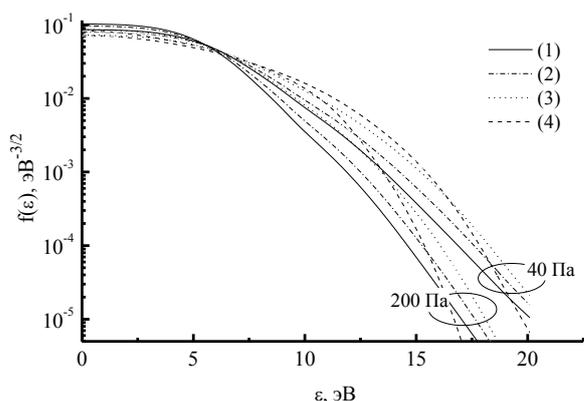


Рис. 6. Функция распределения электронов по энергиям в плазме CH_4+Ar при $i = 50$ мА: 1 – 100% CH_4 , 2 – 50% CH_4 + 50% Ar, 3 – 15% CH_4 + 85% Ar, 4 – 100% Ar

Увеличение y_{Ar} сопровождается как ростом эффективности диссоциации электронным ударом (например, $k_7 n_e = 2.7-19.2$ с⁻¹ при $p = 100$ Па, $i = 50$ мА и $y_{Ar} = 0-95\%$), так и заметным вкладом процессов ступенчатой дис-

социации вида R18: $\text{CH}_x + \text{Ar}^*(^3\text{P}_{0-2}) \rightarrow \text{CH}_{x-1} + \text{Ar}$ в общую скорость разложения молекул при $y_{\text{Ar}} > 90\%$. В результате, поведение концентраций CH_3 , CH_2 , CH и H не коррелирует с изменением параметра $1 - y_{\text{Ar}}$ (рис. 7).

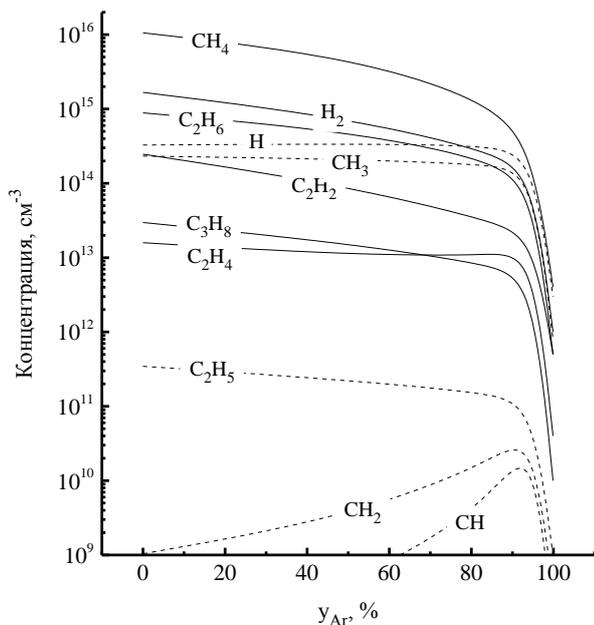


Рис. 7. Концентрации нейтральных частиц в плазме CH_4+Ar при $i = 50 \text{ mA}$, $p = 100 \text{ Па}$

Так, концентрации CH_3 и H остаются практически постоянными вплоть до 85% Ar в смеси ($n_{\text{CH}_3} = 2.3 \times 10^{14} - 1.8 \times 10^{14} \text{ см}^{-3}$ и $n_{\text{H}} = 3.3 \times 10^{14} - 3.2 \times 10^{14} \text{ см}^{-3}$ при $p = 100 \text{ Па}$, $i = 50 \text{ mA}$ и $y_{\text{Ar}} = 0-85\%$), при этом концентрации CH_2 и CH демонстрируют ярко выраженный максимум при $y_{\text{Ar}} = 90\%$. Резкий рост n_{CH_2} и n_{CH} при y_{Ar} до 90% вызван, в том числе, снижением частоты их гибели в объемных реакциях с участием CH_4 . Отметим, что эффективность процессов ступенчатой диссоциации при взаимодействии с $\text{Ar}^*(^3\text{P}_{0-2})$ быстро снижается при $y_{\text{Ar}} < 90\%$ из-за низких скоростей образования и концентраций метастабильных атомов.

Причиной этого являются низкие значения константы скорости R19: $\text{Ar} + e \rightarrow \text{Ar}^*(^3\text{P}_{0-2}) + e$ ($k_{19} = 3.1 \times 10^{-11} - 8.2 \times 10^{-11} \text{ см}^3/\text{с}$ при $p = 40 \text{ Па}$ и $9.2 \times 10^{-12} - 2.7 \times 10^{-11} \text{ см}^3/\text{с}$ при $p = 200 \text{ Па}$

для $y_{\text{Ar}} = 0-100\%$), обусловленные высокой пороговой энергией и низким сечением процесса в максимуме ФРЭЭ.

Так, например, для смеси 15% $\text{CH}_4 + 85\% \text{ Ar}$ отношение $k_7/k_{19} \sim 30$ обеспечивает $R_7/R_{19} > 4$ во всем исследованном диапазоне параметров разряда. Поэтому даже в рамках оценки «сверху» (т.е. предполагая, что все метастабильные атомы аргона гибнут по механизму R18) вклад ступенчатого процесса в общую скорость диссоциации CH_4 при $y_{\text{Ar}} < 90\%$ не является определяющим.

Выводы

Проведено исследование кинетики и механизмов плазмохимических процессов, формирующих стационарные электрофизические параметры и состав плазмы CH_4 и смесей CH_4+Ar различного начального состава. Установлено, что:

1. Энергетическое распределение электронов формируется, в основном, процессами их взаимодействия с молекулами CH_4 . Как вид ФРЭЭ, так и концентрация электронов, определяющие кинетику процессов при электронном ударе, чувствительны к давлению газа и начальному составу смеси CH_4+Ar . В частности, разбавление метана аргоном при постоянных условиях процесса вызывает увеличение средней энергии электронов и рост концентрации электронов.

2. Основными продуктами разложения метана в условиях неравновесной низкотемпературной плазмы являются атомы водорода, радикалы CH_3 , а также стабильные молекулы H_2 , C_2H_2 и C_2H_6 . Стационарные концентрации этих частиц в значительной степени формируются объемными атомно- и радикально-молекулярными процессами. варьирование начального состава смеси CH_4+Ar влияет влияние на кинетику нейтральных частиц через изменение эффективности процессов при электронном ударе и реакции с участием метастабильных атомов $\text{Ar}^*(^3\text{P}_{0,1,2})$.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки и оптимизации технологических процессов с участием неравновесной низкотемпературной плазмы метана и его смесей с инертными газами.

Список литературы

1. Rooth J. R. Industrial Plasma Engineering. Philadelphia: IOP Publishing LTD, 1995. 620 p.

2. Liu C.J., Xue B., Eliasson B. et al. Methane conversion to higher hydrocarbons in the presence of carbon dioxide using dielectric-barrier discharge plasmas. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 2001, vol. 21, issue 3, pp. 301–310.

3. Mao M, Bogaerts A. Investigating the plasma chemistry for the synthesis of carbon nanotubes/nanofibres in an inductively coupled plasma enhanced CVD system: the effect of different gas mixtures. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2010, vol. 43. P. 205201.

4. Masi M., Cavallotti C., Carra S. Different approaches for methane plasmas Modeling. *Chemical Engineering Science*, 1998, vol. 53, issue 22, pp. 3875–3886.

5. Herrbout D., Bogaerts A., Yan M., Gijbels R., Goedheer W., Dekempeneer E. One-dimensional fluid model for an rf methane plasma of interest in deposition of diamond-like carbon layers. *J. Appl. Phys.*, 2001, vol 90, issue 2, pp. 520–579.

6. Efremov A. M., Svetsov V. I., Sitanov D. V., Balashov D. I. A comparative study of plasma parameters and gas phase compositions in Cl₂ and HCl direct current glow discharges. *Thin Solid Films*, 2008, vol. 516, pp. 3020–3027.

7. Gogolides D., Mary D., Rhallabi A., Turban G. RF Plasmas in Methane: Prediction of Plasma Properties and Neutral Radical Densities with Combined Gas-Phase Physics and Chemistry Model. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 1995, vol. 34, pp. 261–270.

8. Kanga H. D., Dose V. Radical detection in a methane plasma. *J. Vac. Sci. Technol. A.*, 2003, vol. 21, issue 6, pp. 306–316.

9. Efremov A., Min N. K., Choi B. G., Baek K. H., Kwon K.-H. Model-based analysis of plasma parameters and active species kinetics in Cl₂/X (X=Ar, He, N₂) inductively coupled plasmas. *J. Electrochem. Soc.*, 2008, vol. 155, pp. D777–D782.

10. Kwon K.-H., Efremov A., Kim M., Min N. K., Jeong J., Kim K. A model-based analysis of plasma parameters and composition in HBr/X (X=Ar, He, N₂) inductively coupled plasmas. *J. Electrochem. Soc.*, 2010, vol. 157, pp. H574–H579.

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: amefremov@yandex.ru

Efremov Alexander Mikhailovich

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo State University of Chemistry and Technology»

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»

E-mail: amefremov@yandex.ru

Беляев Сергей Валерьевич

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», Россия, Иваново
заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин

канд. хим. наук

E-mail: Sergej_Belyaev@mail.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»

head of the department of natural sciences

cand. chem. sciences

E-mail: Sergej_Belyaev@mail.ru

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (12) – 2019

Снегирев Дмитрий Геннадьевич

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», Россия, Иваново
канд. хим. наук

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»

cand. chem. sciences

E-mail: Sergej_Belyaev@mail.ru

УДК 537.872

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА

Н. И. НОВИКОВ, С. В. БЕЛЯЕВ

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: sergej_belyaev@mail.ru

Представлены результаты исследования зависимости плотности теплового потока от расстояния до источника излучения. В работе также исследовано распределение плотности теплового потока на плоскости перпендикулярной вектору распространения электромагнитных волн теплового излучения. Показана актуальность исследований термодинамических процессов, являющихся основой или сопровождающих явления, как природного, так и техногенного характера, с неконтролируемым выделением большого количества энергии. К таким явлениям относятся различные виды неконтролируемого горения – пожары. Учитывая то, что значительная доля тепловой энергии, выделяющейся при неконтролируемом горении, распространяется в окружающее пространство посредством теплового излучения, то при достижении критических значений тепловой поток может способствовать распространению пожара на другие объекты (предметы, здания, сооружения и проч.), расположенные рядом с очагом горения. Для предотвращения такого развития ситуации при строительстве или при тушении пожаров необходимо умение быстро и качественно выполнять расчеты, правильно оценить ситуацию и прогнозировать ее развитие.

В работе показано, что зависимость плотности теплового потока от расстояния до источника излучения имеет логарифмический характер. Распределение плотностей теплового потока в плоскости перпендикулярной вектору распространения электромагнитных волн также имеет сложный характер, не прямопропорционально убывая при удалении от центральной области теплопринимающей плоскости.

Полученные зависимости позволяют прогнозировать значения плотности теплового потока на различных расстояниях от источника излучения в зависимости от его мощности.

Ключевые слова: пожар, источник излучения, тепловое излучение, тепловой поток, электромагнитные волны, плотность теплового потока, зависимость интенсивности излучения.

RESEARCH OF DENSITY DISTRIBUTION HEAT FLOW

N. I. NOVIKOV, S. V. BELYAEV

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: sergej_belyaev@mail.ru

The results of the study of the dependence of the heat flux density on the distance to the radiation source are presented. The work also investigated the distribution of the heat flux density in a plane perpendicular to the propagation vector of electromagnetic waves of thermal radiation. The relevance of research of thermodynamic processes, which are the basis or accompanying phenomena, both natural and man-made, with uncontrolled release of large amounts of energy is shown. Such phenomena include various types of uncontrolled burning - fires. Considering that a significant proportion of thermal energy released during uncontrolled combustion spreads into the surrounding space through thermal radiation, when reaching critical values, the heat flux can contribute to the spread of fire to other objects (objects, buildings, structures, etc.) located near hotbed of burning. To prevent such a development in the construction or extinguishing of fires, it is necessary to be able to quickly and efficiently perform calculations, properly assess the situation and predict its development.

The paper shows that the dependence of the heat flux density on the distance to the radiation source is logarithmic. The distribution of heat flux densities in the plane perpendicular to the propagation vector of

electromagnetic waves is also complex, not directly proportional to decreasing with distance from the central region of the heat receiving plane.

The dependences obtained allow us to predict the values of the heat flux density at different distances from the radiation source, depending on its power.

Keywords: fire, radiation source, thermal radiation, heat flux, electromagnetic waves, heat flux density, dependence of radiation intensity.

Введение

Известно[1], что значительная доля тепловой энергии, выделяющейся при неконтролируемом горении – пожаре распространяется в окружающее пространство посредством теплового излучения. При достижении критических значений тепловой поток может способствовать распространению пожара на объекты (предметы, здания, сооружения и проч.), расположенные рядом с очагом горения [2]. Такое развитие ситуации при организации и осуществлении действий во время тушения пожара не допустимо. Умение руководителя тушения пожара правильно ориентироваться в выборе решающего направления тушения, а также способность своевременно определять опасные направления развития пожара, основывается, в первую очередь, на знаниях законов теплофизики, на которых, в свою очередь, базируются опыт и интуиция.

В настоящее время не все закономерности распространения тепловой энергии являются абсолютно изученными. Например, одним из таких малоизученных вопросов является распределение плотностей теплового излучения по нормали к вектору распространения электромагнитных лучей. Поэтому исследование тепловых явлений, сопровождающихся тепловым излучением, поиск новых закономерностей этого физического явления можно считать актуальным и перспективным научным направлением. Полученные знания могут использоваться, например, для разработки новых методов, позволяющих оперативно и точно проводить необходимые расчеты определения критических значений теплового излучения или безопасных расстояний.

Тепловым излучением называется процесс переноса тепла излучением, которое является результатом превращения части внутренней энергии тела в лучистую энергию электромагнитных волн и распространением их в пространстве[1]. Электромагнитные волны распространяются в пространстве со скоростью света. Тепловые лучи, встречая на своём пути другие тела, могут отражаться, частично поглощаться этими телами, превращаясь во внутреннюю энергию тела, проходить через них. Тепловое излучение имеет сплошной

спектр, расположение и интенсивность его максимума зависят от температуры тела. Источником теплового излучения могут быть любые тела, температура которых отличается от абсолютного нуля. Тепловое излучение испускают, например, нагретые металлы, керамика, продукты горения во время пожара. В зависимости от температуры или площади излучающего тела может меняться мощность излучения и, соответственно, его способность повышать температуру поглощающих его тел. В условиях развивающихся пожаров, крупных возгораний этот фактор имеет часто решающее значение с точки зрения организации и осуществления мер по их тушению[3, 4].

При прохождении электромагнитных волн через тела или среды, совокупность мгновенных значений температуры, во всех точках пространства, характеризуемых координатами x , y , z и временем (τ), называется температурным полем (1).

$$T=f(x, y, z, \tau) \quad (1)$$

При изменении или постоянстве температур в различных точках пространства во времени температурное поле может быть нестационарным и стационарным. Если соединить точки тела, имеющих одинаковую температуру, получим поверхность температур, называемую изотермической.

Предел отношения изменения температуры Δt к расстоянию между изотермами по нормали Δn называется температурным градиентом (2).

$$\text{grad } t = \lim_{n \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta t}{\Delta n} \right) = \frac{dt}{dn} \quad (2)$$

Согласно теории теплообмена, по физическому смыслу, температурный градиент выражает изменение температуры в градусах, приходящееся на 1 м расстояния между изотермическими поверхностями по нормали. Значение температурного градиента, взятое с обратным знаком, называется падением температуры.

Количество теплоты, которое проходит через изотермическую поверхность за единицу

времени называется тепловым потоком - Q , (Вт). Тепловой поток, отнесённый к 1 м^2 изотермической поверхности, называется плотностью теплового потока - q (Вт/м²). Величины Q , а также q являются вектором, за положительное направление которого принимают направление по нормали к изотермической поверхности в сторону уменьшения температуры, т.е. противоположно направлению вектора температурного градиента.

Если рассматривать теплообмен между двумя плоскопараллельными поверхностями, то справедливыми следует считать следующие закономерности. Как показывает закон Планка интенсивность излучения тела зависит от его абсолютной температуры и длины излучаемой волны (3).

$$E_0 = e \frac{C_1 \lambda^{-6}}{C_2 T^{-1}} \quad (3)$$

Закон Стефана-Больцмана показывает, что чем выше температура излучающего тела, тем выше его излучательная способность (4).

$$E_0 = \sigma * T^4 = C_0 * \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad (4)$$

Плотность теплового потока между двумя плоскопараллельными поверхностями можно рассчитать по формуле 5.

$$q_{1-2} = \varepsilon_{1-2} C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right] \quad (5)$$

Если же электромагнитные волны падают под углом к теплопринимающей поверхности, то количество поглощенной энергии уменьшается (6).

$$E_\varphi = E_n * \cos \varphi \quad (6)$$

Методическая часть

В данной статье рассмотрено распределение плотности теплового потока между двумя условно плоскопараллельными поверхностями.

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. В качестве источника излучения использовался нагревательный элемент с потребляемой мощностью 1 кВт. Плотность теплового потока измерялась с помощью прибора БЖ 3 м2, имеющего датчик измерения плотности теплового потока с погрешностью, не превышающей 1 Вт/м².

При исследовании влияния расстояния до источника излучения на интенсивность теп-

лового потока датчик регистрации плотности теплового потока устанавливался в точке максимальных значений по фронту распространения электромагнитных волн. Расстояние от источника излучения варьировалось в пределах от 0,55 до 0,15 м от источника излучения. С целью уменьшения методических погрешностей положение измерительного датчика менялось в направлении температурного градиента.

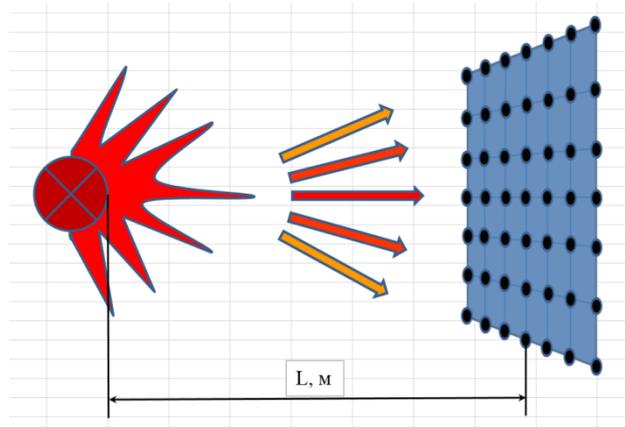


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

При исследовании распределения значений плотности теплового потока на плоскости перпендикулярной вектору распространения теплового потока расстояние до источника излучения было фиксированным и составляло 0,4 м. Положение датчика на виртуальной теплопринимающей поверхности устанавливалось с шагом равным 0,05 м по горизонтали и вертикали и определялось с помощью металлической линейки с ценой деления 1 мм.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования зависимости плотности теплового потока от расстояния до источника излучения представлены на рис. 2. Представленные данные показывают, что при изменениях расстояния от 0,15 м до 0,55 м плотность теплового потока снижается в 7,5 раза. Зависимость носит сложный нелинейный характер и наиболее точно описывается полиномиальным уравнением 6-ой степени с коэффициентом корреляции $R=0,9998$. Полученная зависимость позволяет сделать прогноз о плотности теплового излучения в точке нулевого удаления от теплоисточника, а также позволяет предсказать расстояние, на котором тепловое излучение будет отсутствовать. Плотность теплового потока в околонулевой

точке от источника излучения достигает значений 8340 Вт/м^2 , что приближается к критическим значениям для работы технических механизмов, например пожарной техники и является критической для человека [5,6]. Работа человека может считаться безопасной на расстоянии 0,25 м и дальше от теплоисточника. Расчеты также показывают, что на удалении 1,25 м от источника плотность теплового излучения от приближается к нулю. Следует полагать, что при распространении теплового излучения наблюдаются его закономерные потери, вызванные частичным поглощением, отражением и рассеянием в окружающем пространстве тепловой энергии молекулами окружающей среды.

Известно, что при горении в условиях пожаров источником теплового излучения являются нагретые в факеле пламени до высоких температур объекты и продукты горения. Они, как правило, имеют определенную, ограниченную в пространстве площадь относи-

тельно направления распространения теплового потока. Предположительно, значения интенсивности излучения, распространяющегося по нормали к рассматриваемой плоскости, будут иметь максимальные значения, а при удалении из этой области в перпендикулярном вектору теплового потока направлении должны снижаться. Поэтому, далее в работе было исследовано распределение плотности теплового потока на плоскости перпендикулярной вектору распространения электромагнитных волн теплового излучения. Полученные результаты представлены графически на рис. 3.

Представленная на рис. 3 экспериментальная зависимость показывает, что плотность теплового потока неоднородно распределяется на рассматриваемой плоскости. Наибольшая плотность теплового потока наблюдается в центральной области относительно направления распространения теплового потока, достигая значений $530\text{-}540 \text{ Вт/м}^2$.

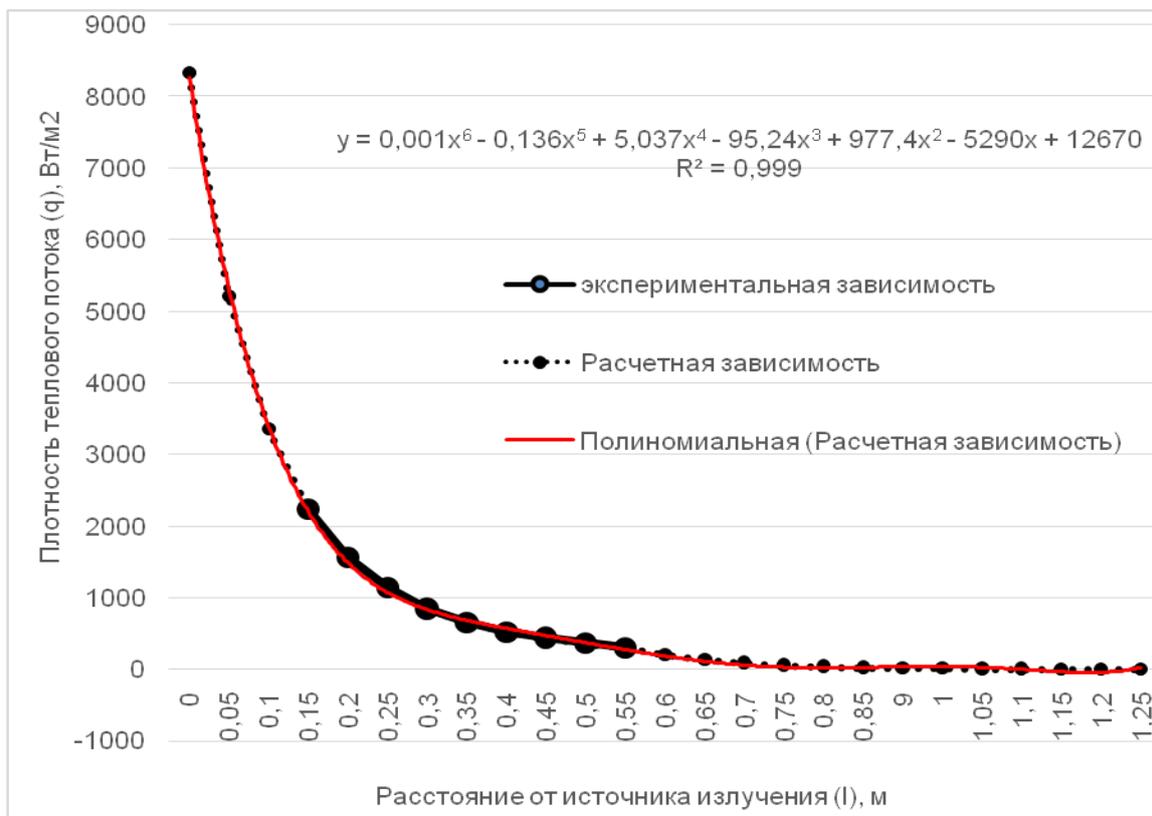


Рис. 2. Зависимость плотности теплового потока от расстояния до источника излучения

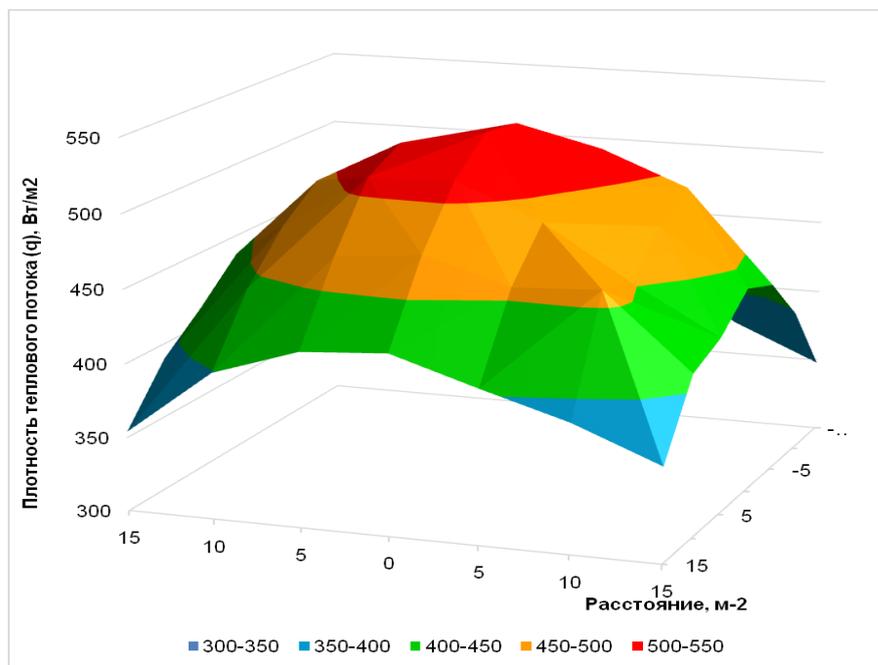


Рис. 3. Распределение плотности теплового потока на плоскости перпендикулярной вектору распространения теплового излучения

Угол падения электромагнитных лучей на плоскость близок к 90° . При перемещении к внешним границам плоскости плотность теплового потока нелинейно снижается и достигает значений $350\text{--}360\text{ Вт/м}^2$. То есть, плотность теплового потока при этом снижается на 180 Вт/м^2 , в 1,5 раза, что является логичным и закономерным. Характер трехмерной зависимости, представленной на рис. 3 отличается от характера зависимости, представленной на рис. 2. Это позволяет сделать вывод о том, что исследуемые закономерности данного физического явления – теплового излучения, имеют разную природу. При изменении угла падения тепловых лучей ($\varphi < 90^\circ$) происходит перераспределение соотношения поглощенной и отраженной тепловой энергии. При этом доля отраженной энергии возрастает, о чем свидетельствует снижение плотности теплового потока при удалении от «центральной» области теплового потока. Эта закономерность также носит нелинейный характер.

Выводы

В работе впервые получены экспериментальные зависимости распределения плотности теплового потока на плоскости перпендикулярной вектору распространения теплового излучения. Установлен характер этих зависимостей. Результаты работы вносят новые

теоретические сведения в теорию теплового излучения, дополняют известные ранее научные данные. На основе полученных в работе экспериментальных данных может быть создана математическая модель распределения плотности теплового излучения в пространстве в зависимости от его интенсивности и направления излучения. Полученная модель позволит более точно определять безопасные направления и расстояния при проектировании, строительстве зданий и сооружений, а также повысить эффективность действий пожарных выбором научно обоснованного решающего направления при тушении и ликвидации пожаров.

Список литературы

1. Кошмаров Ю.А. Теплотехника. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. 501 с.
2. Еналеев Р.Ш., Теляков Э.Ш., Чистов Ю.С., Габидуллин А.Ф. Пожарная опасность загорания целлюлозных материалов тепловым излучением // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 8. С. 36–41.
3. Хайруллин И.Р. Прогнозирование опасности поражения человека тепловым излучением огненного шара при пожарах на химических и нефтехимических предприятиях: дис. ...канд. техн. наук. Казань: КГТУ, 2008.

4. Закиров А.М. Количественная оценка опасности поражения человека тепловым излучением при пожарах на химических и нефтехимических предприятиях: дис. ...канд. техн. наук. Казань: КГТУ, 2011.

5. Бызов А.П. Оценка вероятности поражения человека тепловым излучением с учетом перемещения в безопасную зону // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2011. № 3 (130). С. 247–252.

6. Завьялов Г.В., Завьялова Е.Л. Оценка теплового лучистого потока, воздействующего на спасателя при тушении пожара // Вестник Института гражданской защиты Донбасса. 2015. № 4 (4). С. 26–32.

References

1. Koshmarov Ju.A. *Teplotehnika* [Heat engineering]. Moscow: IKC «Akademkniga», 2006. 501 p.

2. Enaleev R.Sh., Teljakov Je.Sh., Chistov Ju.S., Gabidullin A.F. Pozharnaja opasnost' zazhiganiya celljuloznyh materialov teplovym izlucheniem [Fire danger of ignition cellulosic material heat radiation]. *Pozharovzryvobezopasnost*, 2012, vol. 21, issue 8, pp. 36–41.

3. Hajrullin I.R. *Prognozirovanie opasnosti porazhenija cheloveka teplovym izlucheniem ognennogo shara pri pozharah na hi-micheskikh i*

neftehimicheskikh predpriyatijah: dis. ...kand. tehn. nauk [Prediction of the risk of heat radiation human fireball when fires and chemical and petrochemical plants: dis. ... Cand. tech. sciences]. Kazan': KGTU, 2008.

4. Zakirov A.M. *Kolichestvennaja ocenka opasnosti porazhenija cheloveka teplovym izlucheniem pri pozharah na himicheskikh i neftehimicheskikh predpriyatijah: dis. ...kand. tehn. nauk* [Quantitative assessment of human risk of thermal radiation in fires and chemical and petrochemical plants: dis. ... Cand. tech. sciences]. Kazan': KGTU, 2011.

5. Byzov A.P. *Ocenka verojatnosti porazhenija cheloveka teplovym izlucheniem s uchetom peremeshhenija v bezopasnuju zonu* [Evaluation of human risk of thermal radiation in fires and chemical and petrochemical plants: dis. ... Cand. tech. sciences]. Kazan': KGTU, 2011, issue 3(130), pp. 247–252.

6. Zav'jalov G.V., Zav'jalova E.L. *Ocenka teplovogo luchistogo potoka, vozdeystvujushogo na spasatelja pri tushenii pozhara* [Evaluation of thermal radiant flux affecting the rescuer when extinguishing fire]. *Vestnik Instituta grazhdanskoj zashhity Donbassa*, 2015. issue 4 (4), pp. 26–32.

Новиков Никита Игоревич

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

E-mail: Sergej_Belyaev@mail.ru

Novikov Nikita Igorevich

student

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»

E-mail: Sergej_Belyaev@mail.ru

Беляев Сергей Валерьевич

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», Россия, Иваново заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин

канд. хим. наук

E-mail: Sergej_Belyaev@mail.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»

head of the department of natural sciences

cand. chem. sciences

E-mail: Sergej_Belyaev@mail.ru

УДК 614.841.3

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Д. В. СОРОКИН, И. А. РОММЕЛЬ, А. Л. НИКИФОРОВ, О. Г. ЦИРКИНА,
С. Н. УЛЬЕВА, Л. В. ШАРНИНА**

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: element_37@mail.ru, ilya-rommel@mail.ru, anikiforoff@list.ru, ogtsirkina@mail.ru,
jivotjagina@mail.ru, sharnina51@mail.ru

Работа посвящена оценке пожарной опасности текстильных материалов. Отмечено, что особенностью пожаров на предприятиях текстильной промышленности является быстрое распространение огня, высокая степень задымления и рост температуры внутри горящих помещений, чему способствует большая горючая загрузка производственных помещений: волокнистых веществ, органической пыли, мелких волокон сырья, осевших на станках, оборудовании и конструкциях зданий.

Проведен анализ крупных пожаров на текстильных предприятиях Ивановской области. Отмечается, что всех случаев материального ущерба оценивался от 30 до 500 миллионов рублей. Приведенные факты свидетельствуют о том, что определение пожароопасных характеристик текстильных материалов является актуальной задачей, направленной на выработку требований к процессам производства и складского хранения сырья, готовых тканей и изделий из них.

Рассмотрены основные показатели определяющие пожарную опасность текстильных материалов. Такими факторами являются: горючесть, огнестойкость, воспламеняемость, температура воспламенения, кислородный индекс, время зажигания материала, температура самовоспламенения и др.

Для более полной оценки поведения текстильных материалов в условиях воздействия высоких температур необходимо проведение термогравиметрических исследований. Эти данные, кроме всего прочего, позволят правильно подобрать метод снижения горючести текстильных материалов.

Анализ научно технической литературы, а также собственный опыт позволяет в первом приближении определить подходы к оценке пожарной опасности текстильных материалов, которые сводятся к следующему:

- определению кислородного индекса материала;
- определению температуры самовоспламенения материала;
- оценка термического разложения материала.

Ключевые слова: текстильные материалы, текстильная промышленность, пожарная опасность, горючесть, огнестойкость, воспламеняемость, температура воспламенения, кислородный индекс, время зажигания материала, температура самовоспламенения

DEVELOPMENT OF APPROACHES TO THE DETERMINATION OF FIRE HAZARD TEXTILE MATERIALS

**D. V. SOROKIN, I. A. ROMMEL', A. L. NIKIFOROV, O. G. TSIRKINA,
S. N. UL'YEVA, L. V. SHARNINA**

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: element_37@mail.ru, ilya-rommel@mail.ru, anikiforoff@list.ru, ogtsirkina@mail.ru,
jivotjagina@mail.ru, sharnina51@mail.ru

The work is devoted to the assessment of the fire hazard of textile materials. It is noted that the fires in the textile industry are characterized by the rapid spread of fire, a high degree of smoke, and a rise in

temperature inside the burning premises, which is facilitated by a large combustible load of the production premises: fibrous substances, organic dust, small fibers of raw materials deposited on machines, equipment and building structures .

The analysis of large fires in textile enterprises of the Ivanovo region. It is noted that in all cases material damage was estimated from 30 to 500 million rubles. These facts indicate that the definition of fire-hazardous characteristics of textile materials is an important task aimed at developing requirements for the processes of production and storage of raw materials, finished fabrics and products from them.

The main indicators determining the fire hazard of textile materials are considered. Such factors are: flammability, fire resistance, flammability, ignition temperature, oxygen index, material ignition time, auto-ignition temperature, etc.

For a more complete assessment of the behavior of textile materials under high temperature conditions, thermogravimetric studies are necessary. These data, among other things, will allow to choose the right method for reducing the flammability of textile materials.

Analysis of the scientific and technical literature, as well as our own experience, allows us to determine in the first approximation approaches to the assessment of the fire hazard of textile materials, which are as follows:

- determination of the oxygen index of the material;
- determination of the self-ignition temperature of the material;
- assessment of thermal decomposition of the material.

Key words: textile materials, textile industry, fire hazard, flammability, fire resistance, flammability, ignition temperature, oxygen index, material ignition time, self-ignition temperature

Среди всех горючих материалов текстильные материалы занимают особое место. Это связано с тем, что большинство из этих материалов относятся к горючим. Для правильной оценки их пожарной опасности необходимо рассмотреть вопросы, связанные с их химическим строением и оценкой физико-механических и теплофизических свойств. По происхождению различают природные, искусственные и синтетические волокна. В настоящее время наибольшее распространение получили природные и синтетические волокна, а также смеси из них. Данные волокна используются в производстве тканых и нетканых материалов, а также в качестве наполнителей и добавок. Следует отметить, что большинство из этих волокон являются горючими веществами, что создает определенные проблемы с производством и складским хранением текстильных материалов.

Особенностью пожаров на предприятиях текстильной промышленности является быстрое распространение огня, высокая степень задымления и рост температуры внутри горящих помещений, чему способствует большая горючая загрузка производственных помещений: волокнистых веществ, органической пыли, мелких волокон сырья, осевших на станках, оборудовании и конструкциях зданий.

Так как Ивановская область традиционно является текстильным краем, то имеет смысл привести сведения о крупных пожарах на предприятиях и складах хранения текстильной продукции и сырья, расположенных на

территории города и области, произошедших в недавнем времени. Следует отметить, что все эти пожары привели к значительным материальным потерям, потребовали много сил и средств на их ликвидацию и, что самое печальное, в ряде случаев повлекли гибель и травмирование людей. Приведем эти пожары в хронологическом порядке, отметив ущерб и особенности, связанные с их ликвидацией:

– 21 февраля 2003. Пожар произошел в торговом центре Текстильщик. Пожар в здании торгового центра начался в 22.03. Пожару был присвоен третий – высший – ранг сложности. Огонь распространился по площади 6 тысяч квадратных метров, пожар удалось ликвидировать только к 6.00 23.02.2003г. Здание полностью уничтожено огнем;

– 14 февраля 2014 произошел пожар на текстильном комбинате по производству меланжевой ткани в Иваново. Эвакуировано 105 человек. Площадь возгорания составила приблизительно 500 кв.м. В ликвидации пожара задействованы 23 единицы техники и 82 человека, в том числе от МЧС России -18 единиц техники и 70 человек личного состава. Производственное здание полностью уничтожено огнем. Ориентировочный ущерб составил более 300 млн. руб.;

– 01 февраля 2016 г. произошел пожар в швейном цехе в Гавриловом Посаде. Загорелась распределительная коробка и потолочная плитка, в помещении было сильное задымление. С огнем справились быстро, не дав ему распространиться дальше;

– 3 апреля 2017. В Иванове произошел крупный пожар. Пламя вспыхнуло утром в цехе по производству перчаток. Прибывшие на вызов сотрудники МЧС оперативно эвакуировали почти 90 человек. Огонь бушевал на площади 600 квадратных метров. Погибли двое пожарных, спасавшие людей из горящего здания;

– 3 мая 2017 в результате пожара на одном из текстильных складов Ивановского областного центра сгорела хранившаяся там продукция, повреждена внутренняя отделка. Огнеборцы прибыли на место происшествия через минуту и буквально за 8 минут справились с пламенем. Площадь возгорания составила 50 кв.м. Погибших и пострадавших нет. К ликвидации пожара привлекались 31 человек и 9 единиц техники;

– 17 июля 2017 в 10.40 часов стало известно о возгорании в трехэтажном кирпичном здании текстильного предприятия в городе Наволоки. Огонь охватил пространство на 400 кв. м. В региональном ГУ МЧС объявили о повышенном ранге пожара. Из здания эвакуировали 50 человек. 37 пожарных и 16 единиц спецтехники сражались с огнем до 12.10 часов. В результате пожара огнем повреждены чердачное помещение и кровля цеха;

– 18 мая 2018 произошел крупный пожар на текстильной фабрике в г. Кинешма Ивановской области. Площадь возгорания составила 600 квадратных метров. К борьбе с огнем были привлечены 50 человек и 17 единиц техники;

– 20 февраля 2018 г. на швейной фабрике в городе Иваново произошел пожар, в результате которого погиб один человек и несколько пострадали.

Во всех случаях материальный ущерб оценивался от 30 до 500 миллионов рублей.

Это только часть пожаров, связанных с текстильным производством, где основными пожароопасными материалами являются продукты переработки натуральных и химических волокон.

Приведенные факты свидетельствуют о том, что определение пожароопасных характеристик текстильных материалов является актуальной задачей, направленной на выработку требований к процессам производства и складского хранения сырья, готовых тканей и изделий из них. Сложность решения данной задачи заключается в том, что ассортимент текстильной продукции насчитывает большое количество изделий, различающихся как по составу используемых волокнистых материалов, так и по конструктивному исполнению (собственно волокно, нетканые материалы,

ткани различного переплетения и поверхностной плотности и т.д.). Для каждой из перечисленных позиций пожароопасные характеристики будут индивидуальными. В рамках одной статьи этого сделать невозможно. Попытаемся определить возможные подходы к определению пожароопасных характеристик. Ранее отмечалось, что все текстильные материалы вырабатываются из волокон различного происхождения – растительного, искусственного, синтетического. Основными волокнами растительного происхождения являются хлопок и лен, волокнообразующим полимером которых является природная целлюлоза. Искусственными являются волокна, получаемые путем химической переработки природной целлюлозы. К ним относятся вискоза, котонины, ацетатные и медноаммиачные волокна. К синтетическим волокнам относятся полиэфирные, полиамидные, полиакрилонитрильные, полиуретановые и др., которые получают путем химического синтеза.

Все текстильные материалы являются горючими, за исключением специальных, которые обработаны огнезащитной пропиткой или выработаны из арамидных или других термостойких и негорючих волокон, таких как фенилон, тогелен, кевлар и др.

Обратимся к понятию, что такое пожароопасность. В специальной литературе под термином **пожароопасность** понимают степень риска используемых материалов для жизни и здоровья людей и животных. Таким образом, пожарную опасность текстильных материалов будет определять не один, а несколько факторов, а именно:

Горючесть – это свойство материалов поддерживать горение при определенных условиях. Однако этот термин не отражает всей сложности поведения материала при воздействии огня.

Огнестойкость – характеризует способность материалов сохранять свои свойства в условиях пожара в течение определенного времени, т.е. характеризует способность материала воспламениться.

Воспламеняемость характеризует способность текстильных материалов загораться и поддерживать горение в определенных условиях (давлении, температуре, концентрации окислителя). Она оценивается: температурой воспламенения, кислородным индексом и временем зажигания материала, которые определяют по ГОСТ 12.1.044-84 [1].

Температура воспламенения – это минимальная температура, при которой образец текстильного материала воспламеняется и

поддерживает самостоятельное горение в течение 3 минут.

Кислородный индекс (КИ), %, – показывает при какой минимальной концентрации кислорода, в кислородо-азотной смеси материал воспламеняется и поддерживает горение в течение 3 минут или прогорает по длине не менее 5 см. КИ текстильных материалов изменяется от 16 до 26%. К трудносгораемым материалам относятся такие, кислородных индексов которых составляет более 27%.

Время зажигания материала оценивается временем, в течение которого материал не загорается под действием источника тепловой энергии.

Усредненной величиной показателя пожарной опасности для каждого вида волокон является температура их самовоспламенения.

Температура самовоспламенения – называется самая низкая температура вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающихся пламенным горением. Самовоспламенение возможно, если количество тепла, выделяемое в процессе окисления будет превышать отдачу теплоты в окружающую среду.

Температура самовоспламенения снижается от следующих факторов:

- объем смеси (с увеличением объема ТСВ);
- состава смеси (по мере приближения к стехиометрическому составу смеси);
- давления (с повышением давления).

Температура самовоспламенения текстильных материалов из природных полимеров составляет 250-450°C.

Измельчение твердого вещества сопровождается увеличением в нем содержания кислорода, что приводит к снижению температуры самовоспламенения.

Пожарная опасность текстильных материалов из натуральных волокон, как, собственно, и самих волокон обусловлена склонностью к самовозгоранию (самонагревания, тления) при хранении больших объемов такой продукции на складах и базах хранения, а также при их транспортировке.

Склонность к самовозгоранию характеризуется температурами тления и самонагревания.

Температура тления - критическая температура твердого вещества, при которой резко увеличивается скорость процесса самонагревания, что приводит к возникновению очага тления.

Температура самонагревания - самая низкая температура, при которой в веществе

находящемся в атмосфере воздуха, возникают различные экзотермические процессы окисления, полимеризации или разложения, приводящие к самовозгоранию вещества. Температуру тления учитывают при расследовании причин пожаров. Склонность к самовозгоранию, равно, как и температуру самонагревания необходимо учитывать при определении условий и разработке мероприятий безопасного хранения текстильной продукции, а также при транспортировании и сушке.

Однако, как показывает практика, температура самовоспламенения не в полной мере отражает поведение текстильных материалов в условиях пожара. Этот показатель характеризует лишь условие возникновения пожара, а его развитие будет зависеть от многих факторов, связанных с индивидуальными особенностями строения текстильного изделия. Так, для тканей будет важным не только химический состав самого волокна, но и структура ткацкого переплетения, поверхностная плотность материала, наличие специальных видов обработок, влажность и др. В специальной литературе [2] приводится ряд показателей, характеризующих пожарную опасность горючих веществ. В частности отмечается, что одним из условий горения любых полимерных материалов, в том числе и текстильных, является достаточная концентрация окислителя, и температура.

Таким образом, вырисовывается достаточно сложная и многоуровневая система, в соответствии с которой все текстильные материалы могут быть оценены по степени пожарной опасности на основании ряда показателей, после чего ткани с близкими характеристиками могут быть объединены в группы. Для выполнения данной работы необходимо создание обширной базы данных. Считаю целесообразным начать сбор материала по предприятиям Иванова и Ивановской области. Как было отмечено ранее, наиболее распространенными видами тканей, которые производятся сегодня в Ивановской области, являются материалы, выработанные из хлопка, полиэфирных волокон и их смесей.

Основу хлопка составляет природный полимер целлюлоза. Целлюлоза весьма чувствительна к нагреву. Она не относится к термопластичным материалам и поэтому не плавится. Разрушение волокна в присутствии кислорода начинается уже при температуре 160-180°C, а при 400°C происходит самовозгорание волокна [3]. Следует отметить, что среди природных волокон хлопковое волокно имеет наибольшую пожарную опасность. Его сред-

ная плотность 0,015 г/см, а объем пор достигает 90%.

Кратко развитие пожара, связанного с хранением хлопкового волокна или изготовленных из него тканей и готовых изделий можно представить следующим образом: в начале нагрева температура вещества повышается медленно, тепло расходуется на разложение волокна; продолжение теплового воздействия на волокно способствует разогреву газовой смеси до температуры окисления, при этом тепло не успевает отводиться в окружающую среду, что приводит к достижению температуры самовоспламенения и пожару.

В работе [4] достаточно подробно описан данный процесс и иллюстрирован соответствующей схемой. По приведенным данным горение полимерных текстильных материалов возможно в твердой и газовой фазе (рисунок). Каждой стадии превращения исходного вещества соответствует своя пространственная область, или зона волны горения с определенными физико-химическими характеристиками (агрегатное состояние, температурный интервал, концентрация реагирующих веществ, кинетические параметры реакций и т.д.).

Структуру волны горения текстильных материалов можно представить следующим образом: тепло, поступающее в конденсированную фазу (т.е. текстильный материал), повышает его температуру до температуры, при которой начинаются фазовые превращения или химические реакции. При дальнейшем повышении температуры конденсированная фаза газифицируется вследствие сублимации, т.е. испарения, либо эндотермического или экзотермического химического разложения вещества. Образующиеся при этом газообразные вещества реагируют в газовой фазе друг с другом и кислородом воздуха, и превращаются в конечные продукты сгорания.

Границей, разделяющей зоны реакции в конденсированной и газовой фазах, является горящая поверхность (поверхность газификации). В газовой фазе выделяют примыкающую к поверхности пародымогазовую зону (зону «шипящей» поверхности), высокотемпературную зону реакции в пламени и зону продуктов сгорания. Примыкающую к поверхности пародымогазовую зону называют иногда зоной «холодного пламени», или предпламенной. В том случае, если последующие стадии горения каким-либо образом подавлены, режим горения, соответствующий этой стадии, называют холоднопламенным. Зона реакции в пламени характеризуется наиболее высокой температурой и световой эмиссией. В зависимости от

природы горючего конденсированного вещества и окисляющего компонента та или иная стадия определяет скорость горения в целом. Эту стадию называют ведущей, в отличие от других, подчиненных. Диффузионное горение полимеров рассматривают по аналогии с приведенной выше моделью горения твердых топлив. При этом в волне горения выделяют также пять зон: зоны прогрева и реакции в конденсированной фазе, зоны предпламенную и реакции в пламени, продуктов сгорания.

Что касается целлюлозных волокон, то техническое разложение волокна заметно уже при температуре 95⁰С. Признак разложения - желтый цвет. При температуре 110-115⁰С волокно приобретает темно-коричневый цвет. Температура самовоспламенения хлопкового волокна 430-470⁰С, что значительно выше, чем температура самовоспламенения у хлопка-сырца - 150-225⁰С.

Пожарная опасность хлопкового волокна исключительно велика: если оно загорается, то тушить его практически невозможно. Это объясняется обилием кислорода в волокне и наличием воздушных пустот, что обеспечивает его горение без доступа воздуха. Например, кипа волокна, брошенная в воду, продолжает гореть несколько суток под водой. Горение волокна бурно развивается после разрушения металлической обвязки кип, что происходит при ее нагреве до 500⁰С.

Следует отметить, что сегодня наряду с целлюлозными волокнами в мировой практике и, в частности, в Ивановской области полиэфирное волокно (лавсан) является основным текстильным сырьем и широко используется как в чистом виде, так и смеси с целлюлозными волокнами.

Полиэфирные волокна являются термопластичными материалами, то есть плавятся при повышенных температурах. Полиэфирные волокна превосходят по термостойкости большинство натуральных и химических волокон. Полиэфирные волокна относятся к разряду трудновоспламеняющихся химических волокон. Они горят только при принудительном воздействии пламени. В пламени такие волокна плавятся и воспламеняются. Точка размягчения – 180⁰С. Температура воспламенения 390⁰С. В расплавленном состоянии интенсивно горит ярким, сильно коптящим пламенем. Теплота сгорания 22 638 кДж/кг. Температура самовоспламенения волокна 440⁰С. К тепловому самовозгоранию волокно не склонно. Следует обратить внимание на тот факт, что горючесть полиэфирных тканей значительно ниже, чем у исходного волокна [5].

Еще большую пожарную опасность представляют смесевые хлопкополиэфирные ткани. Это связано с тем, что при горении таких материалов основным горючим веществом является целлюлоза, которая, сгорая, способствует горению и полиэтилентерефталата, который, в свою очередь, образует расплавленные капли.

Краткое рассмотрение физико-химических характеристик текстильных материалов показывает, что при определении их пожарной

опасности нельзя использовать какую-то одну из них. Должен быть определен перечень показателей, наиболее полно описывающих поведение текстильного материала при воздействии на него высоких температур. При этом для тканей, имеющих одинаковый волокнистый состав, эти характеристики могут быть различными и зависеть, в первую очередь, от их поверхностной плотности.

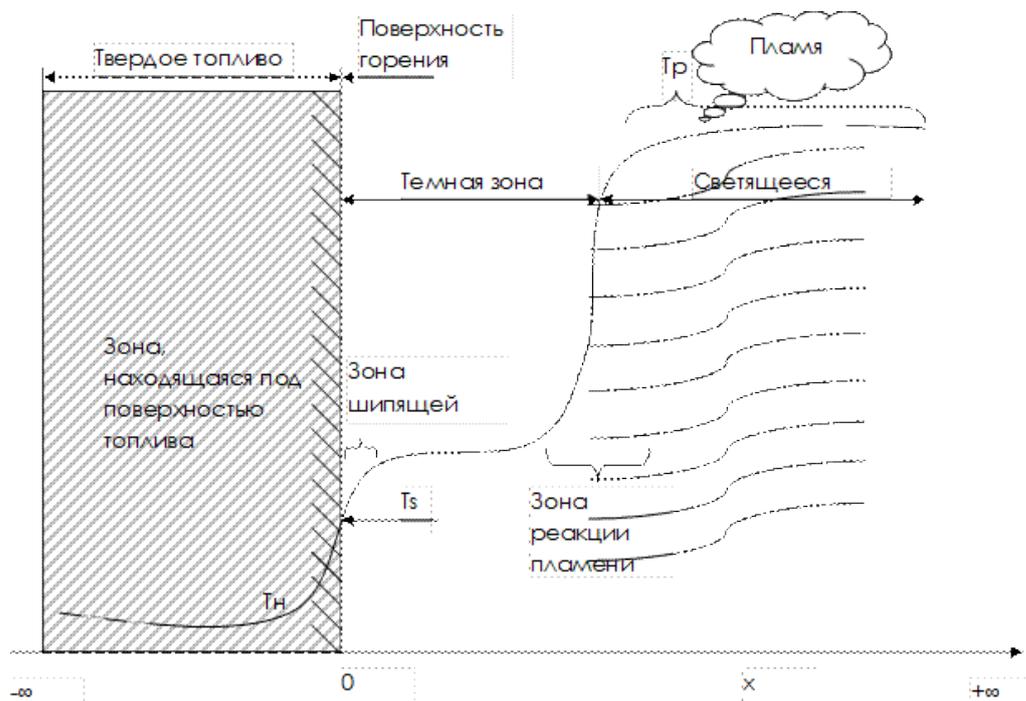


Рисунок. Схема структуры волны горения

Попробуем установить, какие показатели будут наиболее полно характеризовать пожарную опасность текстильных материалов.

Из перечисленных ранее показателей пожарной опасности, на наш взгляд, наиболее полно горючий материал характеризует показатель кислородного индекса.

В литературных источниках [6-9] содержатся сведения о показателе КИ для выбранных материалов. Он указывает минимальную долю кислорода в азотно-кислородной смеси, достаточную для поддержания горения:

$$КИ = 100 \cdot O_2 / (O_2 + N_2). \quad (1)$$

Низкие значения КИ указывают, что материал горюч при низкой концентрации кислорода. Материалы, характеризующиеся КИ менее 20 – легкогорючие, а более 25 – малогорючие.

В работе [6] приводятся данные, что в процессе понижения горючести хлопка значение КИ увеличивается с 19 до 30. Следует учитывать, что критическая концентрация кислорода в атмосфере необходимая для поддержания горения определяется не только видом волокна и присутствия в нем, например, антипирена. Она также линейно зависит от поверхностной плотности, воздухопроницаемости и коэффициента застилистости ткани. Кроме того, она существенно и нелинейно зависит от температуры. Так, значение КИ для материала с 55 % снижают до 45 и 20,8 % при повышении температуры до 140 и 240°C соответственно. Можно считать, что критерием горючести и пожароопасности органических текстильных материалов может служить комбинация КИ и критической температуры, т.е., температуры, при ко-

торой значение КИ становится ниже допустимого.

Следует отметить, что в ряде публикаций, посвященных оценке пожарной опасности текстильных материалов, приводятся показатели КИ без указания характеристик исследованного объекта, что затрудняет использование этих данных для оценки пожарной опасности, например, той же целлюлозы. в табл. 1 приведены данные по термическим показателям волокон, взятые из работы [10].

Однако остается непонятным – для какого конкретно хлопкового волокна приведены эти данные. В данном случае важно знать крутку (плотность) волокна, а также степень его подготовки (наличие замасливателей, марка целлюлозы и ее происхождение и др.).

В то же время, имеются данные [11], приведенные в табл. 2, свидетельствующие, что на показатель КИ тканей существенное влияние оказывает и тип переплетения.

Таблица 1. Термические показатели волокон

Волокно	Кислородный индекс	Точка плавления (°С)	Воспламенение от внешнего источника (°С)	Самовоспламенение (°С)
Полиакрил	18	215-260	225	515
Хлопок	19	–	350	400
Полиамид	20	213	390	510
Полиэфир	22	250	390	510
Шерсть	25	–	325	590

Таблица 2. Показатели огнезащитности и биоустойчивости опытных тканей

Вид хлопкольной огнебиозащитной ткани	КИ, %	ОС, с	СП, с	КБ, %	СОПГ, баллы
Полотняного переплетения	35,4	0	84	92	0,5
Полотняного переплетения ВТВ	41,3	0	151	94	0
Саржевого переплетения	37,2	0	103	93	0
Саржевого переплетения ВТВ	39,0	0	118	94	0
Норма	≥28	≤2	≥50	≥85	≤1

Примечания.

ВТВ – с введением термостойкого волокна;

КИ – кислородный индекс;

ОС – огнестойкость;

СП – стойкость к прожиганию;

КБ – коэффициент биоустойчивости;

СОПГ – степень обрастания плесневыми грибами.

В то же время для установления полноты картины было бы интересным провести сравнение показателей КИ для тканей одного состава и одинаковой поверхностной плотности, но имеющих различное переплетение.

На основании собственных исследований считаем необходимым добавить, что для более полной оценки поведения текстильных материалов в условиях воздействия высоких температур необходимо проведение термогравиметрических исследований. Эти данные, кроме всего прочего, позволят правильно подобрать метод снижения горючести текстильных материалов.

Анализ научно технической литературы, а также собственный опыт позволяет в первом

приближении определить подходы к оценке пожарной опасности текстильных материалов, которые сводятся к следующему:

– определению кислородного индекса материала;

– определению температуры самовоспламенения материала;

– оценка термического разложения материала.

Все вышеперечисленные испытания должны проводиться для конкретных материалов, то есть тех, которые реально существуют, а не специально подготовленных модельных вариантов. Если это касается ткани, то должны учитываться:

– химический состав волокон;

– поверхностная плотность материала;
– вид переплетения нитей;
– наличие посторонних веществ (красителей, химических веществ и пр.).

По результатам испытаний все текстильные материалы могут быть объединены в

группы и ранжированы по своей пожарной опасности. На основании дополнительных исследований могут быть выработаны рекомендации по выбору оптимизированных методов снижения пожароопасных показателей для каждого конкретного материала.

Список литературы

References

1. ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. М.: Стандартинформ, 2006. 157 с.

2. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник: в 2 ч. М.: Асс. «Пожнаука» 2004. Ч.1. 713 с.; Ч.2. 774 с.

3. Отделка хлопчатобумажных тканей: справочник / под ред. Б.Н. Мельникова. Иваново: изд-во «Талка», 2003. 484 с.

4. Огнестойкость текстильных материалов. URL:https://studopedia.ru/9_79831_ognestoykost-tekstilnih-materialov.html. (дата обращения 06.03.2019).

5. Свойства полиэфирного волокна URL:<https://betex.tiu.ru/a110251-svoystva-poliefirnogo-voлокna.html>. (дата обращения 06.03.2019).

6. Самохвалов Е. Вопросы огнезащиты текстильных материалов // Независимый украинский журнал F+S: Технологии безопасности и противопожарной защиты. URL:<http://security-info.com.ua>. (дата обращения 10.03.2019).

7. R. Aeniahanslin, Z. ges. Textilindustrie 1971-73-761.

8. C.P. Fenimore et al .Combustion and Flame -1966-10-35-295. C.P. Fenimore, F.J. Martin. Mod. Plastics-1966-43-4.

9. Термические показатели волокон. URL:<https://refdb.ru/look/2588738-p18.html>. (дата обращения 06.03.2019).

10.Алимова А.У., Дудеров Г.Н., Орлова А.М. Снижение горючести целлюлозосодержащих материалов // Вестник МГСУ. 2011. №1. С. 326–330.

1. GOST 12.1.044-89 (ISO 4589-84) Sistema standartov bezopasnosti truda (SSBT). Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov. Nomenklatura pokazateley i metody ikh opredeleniya. M.: Standartinform, 2006. 157 s.

2. Korol'chenko A.YA., Korol'chenko D.A. *Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya: spravochnik* [Pozharovzryvoopasnost substances and materials and their fire: a handbook]: v 2 ch. M.: Ass. «Pozhnauka» 2004. P. 1. 713 p.; P. 2. 774 p.

3. *Otdelka khlopchatobumazhnykh tkaney* [Finishing of cotton fabrics: a handbook]. Ivanovo: izd-vo «Talka», 2003. 484 p.

4. *Ognestoykost' tekstil'nykh materialov*. URL:https://studopedia.ru/9_79831_ognestoykost-tekstilnih-materialov.html. (data obrashcheniya 06.03.2019).

5. *Svoystva poliefirnogo volokna* URL:<https://betex.tiu.ru/a110251-svoystva-poliefirnogo-voлокna.html>. (data obrashcheniya 06.03.2019).

6. Samokhvalov Ye. Voprosy ognезashchity tekstil'nykh materialov [Issues of textile materials]. *Nezavisimyy ukrainskiy zhurnal F+S: Tekhnologii bezopasnosti i protivopozharnoy zashchity*. URL:<http://security-info.com.ua>. (data obrashcheniya 10.03.2019).

7. R. Aeniahanslin, Z. ges. Textilindustrie 1971-73-761.

8. C.P. Fenimore et al .Combustion and Flame -1966-10-35-295. C.P. Fenimore, F.J. Martin. Mod. Plastics-1966-43-4.

9. *Termicheskiye pokazateli volokon*. URL:<https://refdb.ru/look/2588738-p18.html>. (lata obrashcheniya 06.03.2019).

10.Alimova A.U., Duderov G.N., Orlova A.M. Snizheniye goryuchesti tsellyulozosoderzhashchikh materialov [Reduced flammability of cellulose-containing materials]. *Vestnik MGSU*, 2011, issue 1, pp. 326–330.

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (12) – 2019

Сорокин Дмитрий Вячеславович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

адъюнкт адъюнктуры

E-mail: element_37@mail.ru

Sorokin Dmitry Vyacheslavovich

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

postgraduate student

E-mail: element_37@mail.ru

Роммель Илья Алексеевич

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

курсант

E-mail:

Rommel Ilya Alekseevich

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

student

E-mail:

Никифоров Александр Леонидович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

профессор, доктор технических наук, старший научный сотрудник

E-mail: anikiforoff@list.ru

Nikiforov Aleksandr Leonidovich

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

professor, doctor of technical sciences, senior researcher

E-mail: anikiforoff@list.ru

Циркина Ольга Германовна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

профессор, доктор технических наук, доцент

E-mail: ogtsirkina@mail.ru

Tsirkina Olga Germanovna

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

professor, doctor of technical sciences, professor

E-mail: ogtsirkina@mail.ru

Ульева Светлана Николаевна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

доцент, кандидат химических наук, доцент

E-mail: jivotjagina@mail.ru

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (12) – 2019

Ulieva Svetlana 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
associate professor, candidate of chemical sciences
E-mail: jivotjagina@mail.ru

Шарнина Любовь Викторовна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
профессор, доктор технических наук, профессор
E-mail: sharnina51@mail.ru

Sharnina Lyubov 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
professor, doctor of technical sciences, professor
E-mail: sharnina51@mail.ru

ГУМАНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЧС РОССИИ

УДК 614.849

ИСТОРИЯ ИЗМЕНЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ К ТЕАТРАМ

А. А. ЛАЗАРЕВ, А. К. КОКУРИН

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: lazareva0803@yandex.ru, kokurin@mail.ru

В настоящей работе рассмотрены строительные нормы и правила, действовавшие в СССР и России в отношении театров (театральных комплексов). Обеспечение пожарной безопасности в зданиях и сооружениях театров издавна считается приоритетным направлением деятельности надзорных органов МЧС России.

Изучение прошлого, без сомнения, богатого опыта противопожарного обустройства театров может помочь в понимании того, как в современных условиях реализовать весь потенциал строительного искусства в данном направлении.

С 2007 года надзорные органы МЧС России перестали рассматривать проектную документацию на вновь возводимые здания и сооружения. Это вызвало к жизни ряд проблем: собственник вначале возводит сооружение, а после проведенной государственным инспектором по пожарному надзору проверки тратит временные и денежные ресурсы, чтобы устранить выявленные в ходе проверки недостатки, часть из которых, несомненно, можно было бы избежать, если бы инспектор федерального государственного пожарного надзора (далее – ФГПН), ещё до строительства объекта, указал на недостатки в самом проекте.

Результаты работы могут использоваться при обеспечении пожарной безопасности в театрах, так как изучение опыта прошлых десятилетий, вне всяких сомнений, позволит должностным лицам ФГПН более успешно не только проводить контрольно-надзорные мероприятия, но и позволит более качественно осуществлять консультирование и информирование «служителей Мельпомены».

Ключевые слова: федеральный государственный пожарный надзор; контрольно-надзорные мероприятия; обеспечение пожарной безопасности; противопожарные мероприятия.

HISTORY OF CHANGES IN CONSTRUCTION REQUIREMENTS FIRE SAFETY TO THEATERS

A. A. LAZAREV, A. K. KOKURIN

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: lazareva0803@yandex.ru, kokurin@mail.ru

In the present work, the construction norms and rules in force in the USSR and Russia in relation to theaters (theater complexes) are considered. Ensuring fire safety in buildings and structures of theaters has long been considered the priority activity of the supervisory authorities of the EMERCOM of Russia. The study of the past, without a doubt, the rich experience of the fire-prevention arrangement of theaters can help in understanding how in modern conditions to realize the full potential of the building art in this direction.

Since 2007, the supervisory authorities of the EMERCOM of Russia have ceased to consider project documentation for newly erected buildings and structures. This caused a number of problems: the owner first erects the structure, and after the inspection conducted by the state fire inspector spends time and money resources to eliminate the deficiencies identified during the inspection, some of which could be avoided, of

course, if the inspector of the federal State Fire Supervision (hereinafter - FGPN), even before the construction of the facility, pointed out the flaws in the project itself.

The results of the work can be used in providing fire safety in theaters, since studying past decades' experience will no doubt allow FGPN officials to more successfully not only carry out control and supervisory measures, but also allow them to better consult and inform "Melpomene ministers".

Key words: federal state fire supervision; control and supervisory measures; fire safety; fire prevention measures.

Введение

Издавна пожары являлись злом для театральной сцены. Мало найдется в мире театров, которых не коснулась бы разрушительная сила огня. Этой горькой участи, видимо, удалось избежать только античному театру с его открытым амфитеатром и просторной сценой, без кулис и занавеса. По мере того как театральные здания приобретали монументальность, росла помпезность постановок, увеличилась и угроза возникновения пожара. Стремление служителей Мельпомены ошеломить неискушенного зрителя пышностью декораций, роскошью костюмов, удивить блеском и мишурой, вызвать восхищение затейливостью фейерверка нередко оборачивалось беспощадным буйством огненной стихии, в объятьях которой гибли как сами творцы чудес, так и тот, кто пришел окунуться в сказочный мир театра.

Правоприменительная практика в области пожарной безопасности (далее – ОПБ) для театров имеет относительно недавнюю историю. Рассматривая сборник руководящих материалов по пожарной профилактике 1947 года, можно встретить выписку из временных норм строительного проектирования театров.

Цель исследования

Проанализировать и обобщить строительные нормы и правила, действовавшие в СССР, но зарекомендовавшие себя, для совершенствования деятельности надзорных органов МЧС России.

Материал и методы исследования

Материалом исследования послужил сборник руководящих материалов по пожарной профилактике 1947 года, который лёг в основу анализа исследования. Методы, используемые в работе: исторический, экстраполяции.

Результаты исследования и их обсуждение

По своей сути, нормы строительного проектирования театров вводились как на все вновь возводимые, так и на перестраиваемые здания театров вместимостью от 800 до 2000 человек и были обязательны для всех организаций системы Комитета по делам искусств

при СНК СССР, составляющих и утверждающих проекты театральных зданий, равно как и осуществляющих их возведение.

Кроме того, для театров вместимостью менее 800 и более 2000 человек, а также открытых театров разработчики указанных норм предполагали возможность их использования с учетом особых требований к проектированию таковых.

Под театром в данных нормах рассматривалось здание, состоящее из группы помещений со зрительным залом и колосниковой сценой, предназначенной для демонстрации зрелищных представлений.

Театр разделялся на три основных комплекса:

- а) зрительный,
- б) демонстрационный,
- в) административно-хозяйственный.

Театральные здания по характеру представлений разделялись на:

- а) драматические театры вместимостью в 800 и 1000 человек;
- б) драматические театры с возможностью использования их для оперных постановок вместимостью в 1000, 1200 и 1500 человек;
- в) опорные театры (вместимостью от 1500 до 2000 человек).

В зависимости от степени огнестойкости конструкций и всего здания в целом последние разделялись на:

- а) огнестойкие,
- б) полугонестойкие,
- в) полусгораемые.

При этом под полусгораемыми зданиями в рассматриваемых нормах подразумевались здания, имеющие полугонестойкие стены и опоры с полусгораемыми перекрытиями и покрытиями.

Число этажей в театральных зданиях допускалось:

- а) для зданий огнестойких и полугонестойких – неограниченное;
- б) для зданий полусгораемых – не более трех, но не выше 18 м при условии расположения зрительного зала в первом этаже.

Измерение высоты здания осуществлялось от уровня земли (по средней отметке территории, прилегающей к периметру здания) до линии пересечения наружной поверхности стены с поверхностью кровли.

Здания театров вместимостью от 1000 до 1200 человек должны были быть огнестойкими или полугогнестойкими, а от 1500 до 2000 человек – только огнестойкими.

Размеры зданий в плане не ограничивались.

Полусгораемые здания допускались для театров вместимостью не более 800 человек, при общей площади застройки не свыше 1500 м².

В театральных зданиях, у которых зрительная часть была полусгораемая, с площадью застройки не более 1500 м², а сценическая часть огнестойкая или полугогнестойкая любой площади и высоты, вместимость зрительного зала разрешалось доводить до 1000 человек.

Огнестойкие и полугогнестойкие, а также описанные в предыдущем абзаце здания театров (далее – театры определенного вида) должны были иметь брандмауэрную порталную стену, отделяющую зрительную часть от сценической и перерезывающую по вертикали все элементы здания.

Брандмауэр должен был возвышаться над крышей:

- а) при полугогнестойкой кровле – на 0,4 м;
- б) при полусгораемой кровле – на 0,7 м.

При разнице уровня поверхностей прилегающих крыш зала и сцены более 0,7 м возвышение брандмауэрной порталной стены над кровлей сцены могло быть заменено противопожарной огнестойкой зоной шириною не менее 4 м, расположенной на уровне покрытия над сценой и идущей вдоль порталной стены на всем протяжении последней.

В этом случае порталная стена должна была доходить до плоскости огнестойкой зоны.

В театрах определенного вида в порталной стене, кроме порталного отверстия, разрешалось для сообщения сценической части со зрительной устраивать, вне пределов зрительного зала и сцены, дверные проемы в огнестойких шлюзах. Число таких проемов не должно было быть более одного с каждой стороны сцены в каждом этаже. Огнестойкий шлюз устраивался в виде тамбура глубиной не менее ширины дверей, с огнестойкими стенами и перекрытиями и с огнестойкими дверными створами, навешенными для открывания из тамбура наружу и снабженными приспособле-

ниями для самозакрывания с плотным притвором.

Устройство каких бы то ни было жилых помещений в зданиях театров не допускалось.

Зрительные залы в театрах, предусмотренных рассматриваемыми нормами, устраивались на 800, 1000, 1200, 1500 и 2000 мест с допуском отклонением от этих цифр в ту или другую сторону, но не более чем в 3%.

Зрительный зал должен был располагаться не выше второго этажа и иметь количество ярусов не более четырех в огнестойких зданиях и не более трех в полугогнестойких зданиях.

В полусгораемых зданиях зрительный зал располагался только в первом этаже и при этом не должен иметь балконов, ярусов или хоров; если же сценическая часть здания огнестойкая или полугогнестойкая, допускалось устройство одного балкона или яруса.

В театрах на 2000 мест, при условии огнестойкости здания, допускалось устройство пяти ярусов, по предварительному согласованию с Комитетом по делам искусств при СНК СССР.

Сидения зрительного зала должны были иметь следующие размеры:

Ширина сидения в осях подлокотников	50 см
Глубина сидения	40 см
Высота сидения	46 см

Выступающим частям кресел и стульев предписывалось придавать закругленные формы.

Группировка мест в зрительном зале, а также число и размер групп в первую очередь должны были удовлетворять требованиям безопасной эвакуации. Допускалась группировка длинными непрерывными рядами, короткими, а также смешанная.

Места для сидения публики (кресла, стулья, диваны) должны были располагаться рядами, иметь подлокотники и прикрепляться неподвижно к полу.

При группировке мест длинными рядами число непрерывных мест в ряду должно было быть не более 40.

Вдоль боковых стен зала оставлялись свободные проходы с достаточным числом выходов; эти проходы могли быть разбиты по длине на участки путем доведения некоторых рядов мест вплотную до боковой стены; каждый участок должен был иметь самостоятельный выход из зала, причем группа, обслуживаемая единственным выходом, могла иметь не свыше 60 мест с каждой стороны зала. В этом случае расстояние между спинками сидений двух соседних рядов должно было быть не ме-

нее 90 см, считая ширину прохода между рядами в 50 см.

При группировке мест короткими рядами число непрерывных мест в ряду между двумя проходами должно было быть не более 18, а между проходами и стеной не более 9. Кроме того, должны были быть устроены поперечные проходы со входами и выходами в боковых стенах с числом рядов между проходами не более 18, а между задней стеной зала и ближайшим поперечным проходом не более 9. При группировке короткими рядами расстояние между спинками сидений двух соседних рядов должно быть не менее 85 см, считая ширину прохода между рядами в 45 см.

Незакрепленные места допускались только в ложах, имеющих непосредственный выход в эвакуационный проход вне зала.

Расстояние от огнестойкого занавеса (от красной линии сцены) до передней грани сидения первого ряда партера должно было быть во всех случаях не менее 3,00 м. Ширина прохода между краями барьера оркестровой щели и сидениями первого ряда партера принимались не менее 90 см, а ширина проходов между барьерами и сидениями на балконах в 50 см.

Проходы, разделяющие в продольном и поперечном направлениях ряды мест на отдельные группы, должны были вести к выходам из зала и иметь ширину, определяемую расчетом безопасной эвакуации публики, но не менее 90 см.

Выходов из зала, а также из каждого яруса или балкона для каждой отдельно эвакуируемой группы количеством более 100 человек должно было быть не менее двух.

Количество и ширина выходов принимались по расчету безопасной эвакуации публики. В ложах допускалось устройство дверей шириной 0,8 м.

Площадь фойе принималась из расчета 0,3 м² на зрителя.

Площадь проходов к фойе или между ними, не являвшихся основными путями эвакуации, включались в площадь фойе.

Кулуары, облегающие зрительный зал, являясь проходными помещениями, полностью входили в состав эвакуационных путей. Площадь кулуаров должна была составлять не более 0,25 м² на зрителя. Ширина кулуаров назначалась по расчету безопасной эвакуации зрителей и во всяком случае должна была быть не менее 2 м. Высота кулуаров в чистоте – не менее 3 м. Допускалось композиционное объединение площадей фойе и кулуаров. Об-

щая площадь их должна была составлять не более 0,5 м² на зрителя.

Курительные для публики должны были устраиваться в отдельных полностью огнестойких помещениях, обеспеченных усиленной вытяжной вентиляцией, с расположением их вблизи фойе и в соответствии с принятой группировкой мест в зрительном зале. Площадь курительной должна была быть не менее 40 м², а высота не менее 3 м.

Вестибюль являлся основным помещением входной группы и служил для приема входящей в театр публики и распределения её по зданию. Вестибюль, в зависимости от расположения и группировки входов в театр, мог быть объединенным и раздельным.

Вестибюль должен был организовать равномерное распределение зрителей от наружных входов к кулуарам и лестницам, ведущим в зрительный зал, без встречных или пересекающихся потоков и, кроме того, иметь удобные подходы к гардеробам.

Билетные кассы предполагалось располагать в вестибюле или в помещении, непосредственно с ним соприкасающемся, при этом ближе к входам, но не на пути проходящей во внутренние помещения театра публики.

Площадь вестибюля (без гардероба) должна была быть достаточной для размещения расчетного числа эвакуационных потоков, билетных касс, телефонных кабин и тамбура и составлять не более 0,15 м² на зрителя.

Гардероб предназначался для приема, хранения и выдачи верхнего платья зрителей и должен был находиться в удобной связи с вестибюлем. Гардероб мог располагаться в обособленном помещении с достаточными площадями для раздевания и одевания публики и хранения платья или же объединяться с вестибюлем при условии его достаточной изоляции от наружных входов в здание, предохранения от потоков холодного воздуха и отсутствия какого-либо затеснения им путей эвакуации.

Площадь перед барьером гардероба для раздевания и одевания зрителей должна была быть не менее 0,2 м² на зрителя. Ширина проходов между барьерами гардероба не менее 4 м, а между барьером и стеной не менее 3 м. Высота помещения не менее 3 м.

При объединении гардероба с вестибюлем перед барьером необходимо было предусматривать, кроме площади для раздевания и одевания зрителей, достаточную площадь для свободного пропуска основных эвакуационных потоков. Общая площадь гарде-

роба и вестибюля в этом случае должна была быть не более $0,4 \text{ м}^2$ на зрителя.

При расположении гардероба у путей эвакуации необходимо было установленную расчетом ширину эвакуационных проходов увеличивать, а именно: при расположении гардероба с двух сторон – на 2 м, с одной стороны – на 1 м, не считая пространства за барьером.

К сценическим помещениям также предъявлялись требования по пожарной безопасности. Все дверные проемы на сцене должны были иметь огнестойкие двери. Выходы со сцены должны были вести в коридоры шириною не менее 1,5 м. При устройстве со сцены выхода непосредственно наружу устраивался огнестойкий тамбур глубиною не менее ширины выходных дверей.

Отдельно устраивался трюм. Трюмом называлось помещение, расположенное под деревянным планшетом сцены без огнестойкой от нее изоляции и ограниченное в плане огнестойкими стенами сценической коробки. Помещение трюма должно было иметь не менее двух выходов, по одному с каждой стороны, с огнестойкими дверями размерами не менее: ширина 1,5 м и высота 2,5 м. Двери должны были открываться наружу и выходить в проходы (коридоры). В пределах трюма, у стен сценической коробки, разрешалось устройство огнестойких проходов для сообщения между примыкающими к трюму помещениями.

В трюме под планшетом сцены у задней стены сценической коробки (или под арьерсценой при наличии последней) располагался склад скатанных живописных декораций (сейф). Для подачи декораций из сейфа со сцены и обратно в планшете устраивалась щель, перекрываемая откидными огнестойкими щитами. Перекрытие и стены сейфа предусматривались огнестойкими.

Из сейфа должен был быть устроен один выход наружу. Его следовало проектировать на продольной оси сейфа для возможности прямого (без поворота) выноса скатанных декораций на улицу. Размеры дверей сейфа должны были быть шириной 0,9 м и высотой 2 м.

В сейфе устраивались с двух сторон полки для укладывания скатанных декораций. Ширина сейфа при двухстороннем расположении полок предусматривалась 2,7-3 м, а длина его должна была быть равна ширине сцены минус три-четыре метра в зависимости от размеров сцены. Высота сейфа зависела от объема хранимых декораций, но должна быть не менее высоты трюма.

Сцены помещения оркестра делались огнестойкими с огнестойким перекрытием в части, расположенной под просцениумом.

Регуляторная и автотрансформаторная устраивались в огнестойких помещениях и должны были иметь огнестойкий, изолированный от трюма выход в эвакуационный проход.

Помещение лебедки огнезащитного занавеса располагалось в трюмной части сценической коробки, у одного из углов порталной стены. Помещение должно было быть огнестойким, изолированным и иметь короткую и удобную связь с комнатами машиниста сцены и дежурной аппаратной пожарного управления.

Помещение пожарного управления состояло из двух частей: аппаратной, где устанавливалась аппаратура, и помещения дежурного персонала. Помещение пожарного управления должно было располагаться на уровне планшета сцены и, в целях его максимальной изоляции, не иметь прямого сообщения со сценой и пожароопасными помещениями с обязательным устройством выхода непосредственно наружу или через лестничную клетку.

Помещение насосной должно было находиться в непосредственной связи с пожарным управлением и располагалось обычно под последним, с устройством внутренней лестницы для прямого сообщения. Кроме внутреннего входа в насосную должен был устраиваться дополнительный вход снаружи. Стены, перекрытия и двери помещений пожарного управления предусматривались огнестойкими.

Аккумуляторная, умформерная и кислотная – эта группа помещений должна была быть расположена вблизи помещения пожарного управления и главного распределительного щита для удобной связи с последними.

Для выпуска дыма и горячих газов и для выравнивания давления в сценической коробке с атмосферным давлением при пожаре на сцене, в конструкции над последней, согласно противопожарным требованиям, устраивались дымовые пожарные люки.

Для деревянных колосников, элементов переходных мостиков и рабочих галерей, древесины планшета предусматривалась пропитка огнезащитным составом.

Все перегородки, ограничивающие пути эвакуации, мастерские, репетиционные, помещения киноаппаратной, электроустройств, аккумуляторных и складочные помещения должны были быть огнестойкими. Все остальные перегородки могли быть полусгораемой беспу-

стотной конструкции. Планировка помещений театра должна была обеспечивать безопасное пребывание в здании зрителей и возможность быстрой эвакуации их в случаях возникновения пожара или паники.

Процесс эвакуации зрительного комплекса театра был разделен три этапа:

1 – эвакуация зрительного зала;

2 – эвакуация в пределах здания от выходов из зрительного зала до выхода наружу;

3 – эвакуация вне здания от наружных выходов до распределения эвакуируемых в общем городском потоке.

За основу нормирования эвакуации принималась продолжительность эвакуационного процесса, которая устанавливалась для эвакуируемых помещений в зависимости от степени их пожарной опасности, а также степени огнестойкости конструкций и всего здания в целом.

Каждый вход, предназначенный для зрителей, должен был одновременно являться и выходом. Никаких запасных выходов в зале не допускалось. Выходы из зала устраивались шириной в чистоте не менее ширины ведущих к ним проходов. Двери должны были быть двупольными, открываться в сторону выхода и не иметь выступающих частей в виде обвязок, филенок и ручек. В проемах не должно было быть порогов. Пути эвакуации для зрителей должны были исключать возможность встречного движения и пересечения людских потоков.

Кулуары, облегающие зрительный зал и являвшиеся путями эвакуации, должны были иметь в каждом этаже площадь, достаточную для размещения эвакуируемых зрителей в количестве, равном разности между полным числом эвакуируемых из зала на данном уровне и той частью, которая в установленное для эвакуации зала время успеет выйти за пределы кулуаров. Плотность размещения зрителей в этом случае принимается не менее $0,25 \text{ м}^2$ на человека. Уклон пола кулуаров не должен быть более 1:20.

Пропускная способность выходов из кулуаров на лестницы или непосредственно наружу принималась равной пропускной способности выходов из зрительного зала.

Каждое помещение, предназначенное для обслуживания зрителей, должно было иметь удобную связь с эвакуационными путями, причем помещения площадью в 100 м^2 и более должны были иметь не менее двух выходов. В свою очередь эвакуационные пути на каждом уровне должны были иметь не менее

двух выходов на лестницы или наружу. Все двери, находящиеся на путях эвакуации, должны были открываться в сторону выхода. Устройство раздвижных, вращающихся или подъемных дверей на путях эвакуации также как и сейчас не разрешалось. На путях эвакуации не должно было быть на высоте до 2 м от пола никаких выступов, затрудняющих движение. Установка мебели, скульптур и т.д. на путях эвакуации допускалось только в нишах.

При одновременной эвакуации нескольких этажей допускалось полное или частичное объединение этажей общими лестницами, с расчетом ширины последних на пропуск зрителей при вынужденной эвакуации в установленное время.

Расположение лестниц определялось удаленными, допустимыми установленным максимальным расчетным, при этом расстояние между ними в огнестойких и полуюгнестойких зданиях должно было быть не более 60 м, а в полу-сгораемых зданиях – не более 30 м.

Лестницы должны были заключаться в огнестойкие клетки и иметь непосредственный выход наружу через огнестойкий тамбур или другое вполне огнестойкое помещение входной группы. При этом разрешалось устройство открытых парадных лестниц для сообщения между собой не более чем двух смежных этажей, при обязательном условии наличия других лестниц в огнестойких клетках. Открытые лестницы выше второго этажа в расчет эвакуационных путей не входили. Лестницы, предназначенные для служебного сообщения в расчет эвакуационных путей для зрителей не включались.

Ширина лестничных маршей должна была соответствовать расчетной пропускной способности и быть кратной числу потоков, но не уже 1,2 м и не шире 2,4 м, считая между поручнями.

При устройстве изогнутых в «плане» маршей последние должны были иметь внутренний радиус не менее 3-6 м соответственно для маршей шириной от 1,2 до 2,4 м.

Количество ступеней на марше должно было быть не более 16 и не менее 4. Ступени лестниц для зрителей должны были иметь высоту не более 15 и ширину не менее 30 см. Ступени служебных лестниц могли иметь высоту до 17,3 см и ширину до 26 см. Забежные ступени, как и сейчас, не допускались.

Допускалось устройство наружных лестниц с уклоном не более 1:2 и площадками у входов не уже 2 м.

Планировка выходов в сценической части должна была быть наиболее простая, чет-

кая и возможно симметричная, а эвакуационные пути – двусторонними и независимыми. При определении количества людей на сцене следовало полагать, что на 1 м² планшета сцены приходится 1 человек.

Эвакуационные выходы с планшета сцены, в количестве не менее двух, должны были быть расположены в боковых стенах и вести в коридор или эвакуационный проход с обязательным выходом непосредственно наружу или на лестницу. Двери выходов из сценической коробки на уровне планшета сцены должны были иметь ширину не менее 1,5 м, быть огнестойкими и открываться в сторону выхода. В сценической части должно было быть не менее двух независимых лестниц с выходами наружу. Лестницы должны были быть расположены так, чтобы от любого рабочего места до лестницы было не более 30 м по горизонтали. Кроме того, от любого рабочего места должна быть обеспечена эвакуация по двум независимым путям.

Коридор, обслуживающий сцену и прилегающие к нему помещения, должен был иметь ширину не менее 1,50 м.

Ширина маршей лестниц должна быть не менее 1,2 м, а уклон – не более 1:1,75. Число ступеней на марше – не более 16. Размеры ступеней: высота не более 16,5 см и ширина не менее 29 см.

Огнезащитный занавес должен был быть со стороны сцены огнестойким, а со стороны зрительного зала – полугогнестойким. Между нижней кромкой опущенного занавеса и огнестойкой конструкцией его опирания разрешался пропуск сплошного деревянного настила планшета сцены при условии отсутствия каких-либо пустот или неплотностей примыкания. Сопряжение занавеса с направляющими должно было обеспечивать возможное беспрепятственного температурного расширения занавеса при нагреве его каркаса до 400° С.

Дымовые клапаны устраивались полугогнестойкой конструкции и могли быть из металла или дерева, защищенного со всех сторон железом в замок по войлоку, смоченному в глине, с полугогнестойкими коробками. Открытие клапанов предусматривалось порознь и вместе или с небольшими интервалами. Лебедка для привода клапанов предусматривалась в помещении пожарного поста.

Данные требования использовались на протяжении длительного периода времени, с 12.04.1941 до 1.10.1969. Они были утверждены приказом Комитета по делам искусств при СНК СССР от 24 апреля 1941 года № 209. Следо-

вательно, этот период, на наш взгляд, можно назвать 1 этапом формирования требований в ОПБ к театрам.

Второй этап с 1.10.1969 по 1.07.1986 состоял из трех подэтапов. Первый подэтап с 1.10.1969 по 1.10.1972 предполагал использование СНиП II-Л.20-69. Второй подэтап с 1.10.1972 по 1.07.1978 предполагал использование СНиП II-Л.20-69 и СНиП II-Л.2-72. Третий подэтап с 1.07.1978 по 1.07.1986 предполагал использование только СНиП II-Л.2-72. На третьем этапе, с 1.07.1986 по 1.01.1990 использовались СНиП 2.08.02-85. Четвертый этап включает период с 1.01.1990 по 1.01.2010. Здесь использовались СНиП 2.08.02-89 и СНиП 2.08.02-89*. Пятый этап с 1.01.2010 по 1.07.2015 подразумевал использование СНиП 31-06-2009.

Сейчас, можно выделить шестой этап, в рамках которого используются СП 118.13330.2011 и требования, введенные впервые в действие 02.03.2018 в разделе 7 свода правил СП 309.1325800.2017. В этих нормативных документах много бланкетных фраз. Требования к строительным и отделочным материалам сформулированы в соответствии с ныне действующей классификацией. Но, тем не менее, эти нормы во многом содержат в себе те принципиальные требования, которые были отражены в сборнике 1947 года [2]. Помимо этого возможно выделения подэтапов, включающих периоды попеременного и параллельного применения ВППБ 13-01-94, СНиП 21-01-97, а также федерального закона [1] и соответствующих подзаконных актов.

Вывод

Таким образом, подводя итог проведенному нами обзору, нельзя не отметить простоту и лаконичность рассмотренных нами норм, собранных воедино и описанных в сборнике [2]. Следует отметить, что множество объектов культуры по всей стране строились и реконструировались по этим требованиям. Вместе с тем руководители учреждений, эксплуатирующих эти объекты, не всегда помнят об этих требованиях, безосновательно указывая в декларации пожарной безопасности «новые», введенные позднее более жесткие требования в ОПБ. Тем самым они обременяют свой объект затратными и подчас невыполнимыми мероприятиями, которые вынуждены выполнять в силу вышеуказанного незнания. Однако, часть 4 статьи 4 Федерального закона [1] предписывает в определенных случаях руководствоваться теми нормами, которые действовали на момент проектирования конкрет-

ного театра. Следовательно, комплексное понимание историко-правовой и технической составляющей решения проблемы ОПБ театров

является важным аспектом надзорно-профилактической деятельности в данной области.

Список литературы

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Сборник руководящих материалов по пожарной профилактике. М.: Типография им. Воровского, 1947. – 702 с.
3. СП 309.1325800.2017 Здания театрально-зрелищные. Правила проектирования

References

1. Federal'nyj zakon ot 22.07.2008 № 123-FZ «Tekhnicheskij reglament o trebovaniyakh pozharnoj bezopasnosti».
2. *Sbornik rukovodyashhikh materialov po pozharnoj profilaktike* [Compilation guidance materials for fire prevention]. Moscow, 1947. 702 p.
3. SP 309.1325800.2017 Zdaniya teatral'no-zrelishhnye. Pravila proektirovaniya

Лазарев Александр Александрович

Главное управление МЧС России по Ивановской области,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат педагогических наук, доцент
E-mail: lazareva0803@yandex.ru

Lazarev Aleksandr Aleksandrovich

General Directorate of EMERCOM of Russia in the Ivanovo region,
Russian Federation, Ivanovo
Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
E-mail: lazareva0803@yandex.ru

Кокурин Алексей Константинович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат исторических наук, старший преподаватель
E-mail: kokurin@mail.ru

Kokurin Alexey Konstantinovich

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
Candidate of Historical Sciences, Senior Lecturer
E-mail: kokurin@mail.ru

УДК 614.8.01

О МЕТОДАХ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ПРОПАГАНДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СПЕЦИАЛИСТАМИ ГУ МЧС РОССИИ ПО ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Л. Н. ЧЕСНОКОВА, Т. А. МОЧАЛОВА, А. К. КОКУРИН, О. Е. СТОРОНКИНА, А. А. ЛАЗАРЕВ

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: michura@bk.ru, kokurin@mail.ru

В связи с выходом Указа Президента РФ от 01.01.2018 № 2 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года», одним из приоритетных направлений деятельности надзорных органов МЧС России становится увеличение объема проводимой профилактической работы. В связи с этим, ранее проводимая профилактическая работа не отражает цель обеспечения системы пожарной безопасности. Концептуальной основой здесь является следующее: за счет уменьшения количества надзорных мероприятий путем усиления профилактического сегмента достичь снижения количества пожаров и травматизма. В связи с этим, актуальным представляется качественное преобразование методов, форм, средств и видов проводимой противопожарной пропаганды (далее – ПП).

Для этого необходимо охарактеризовать, систематизировать в первую очередь современные средства и виды ПП, используемые в Ивановской области, поскольку арсенал средств и видов пропаганды позволяет далее развивать, модифицировать, разрабатывать новые, актуальные ее формы и методы.

С появлением новых технологий, методов, в том числе информационных, достижение целей противопожарной пропаганды возможно осуществить более эффективным способом. Кроме того, детальное изучение и анализ имеющегося опыта в области профилактической работы на территории Ивановской области и других территориальных подразделений позволит модернизировать технологии и методы противопожарной пропаганды, используемые в Российской Федерации.

Ключевые слова: противопожарная пропаганда; обеспечение пожарной безопасности; профилактическая работа; методы противопожарной пропаганды; средства и виды пропаганды; технологии пропаганды

FIRE ABOUT THE METHODS OF PROPAGANDA USED BY THE SPECIALISTS OF THE MAIN DEPARTMENT OF EMERCOM OF RUSSIA ON THE IVANOVO REGION

L. N. Chesnokova, T. A. Mochalova, A. K. Kokurin, O. E. Storonkina, A. A. Lazarev

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: michura@bk.ru, kokurin@mail.ru

In connection with the release of the Decree of the President of the Russian Federation from 01.01.2018 № 2 «On approval of the state policy Of the Russian Federation in the field of fire safety for the period up to 2030», one of the priorities of the Supervisory bodies of the EMERCOM of Russia is to increase the volume of preventive work. In this regard, the previous preventive work does not reflect the purpose of fire safety. The conceptual basis here is the following: by reducing the number of surveillance activities by strengthening the preventive segment to reduce the number of fires and injuries. In this regard, the qualitative transformation of methods, forms, means and types of fire propaganda (hereinafter – PP) is relevant.

For this purpose it is necessary to characterize, systematize primarily modern means and types of PP used in the Ivanovo region, as the Arsenal of means and types of propaganda allows to further develop, modify, develop new, relevant forms and methods.

With the advent of new technologies, methods, including information, achieving the objectives of fire propaganda can be carried out in a more effective way. In addition, a detailed study and analysis of the existing experience in the field of preventive work in the Ivanovo region and other territorial units will allow to modernize the technologies and methods of fire propaganda used in the Russian Federation.

Key words: fire propaganda; fire safety; preventive work; methods of fire propaganda; means and types of propaganda; propaganda technologies.

Противопожарной пропаганде, обучению мерам пожарной безопасности и их развитию в мире, в нашей стране уделяется огромное внимание.

В соответствии с Федеральным законом от 21.12.1994 № 69-ФЗ¹ противопожарная пропаганда в России (и в Ивановской области, в частности) осуществляется посредством разнообразных форм, видов и методов, не запрещенных законодательством Российской Федерации.

Методы противопожарной пропаганды, осуществляемой на территории Ивановской области, представлены на рис. 1.

В связи с выходом Указа Президента РФ от 01.01.2018 № 2, одним из приоритетных направлений деятельности надзорных органов МЧС России становится увеличение объема проводимой профилактической работы². В связи с этим, ранее проводимая профилактическая работа не отражает цель обеспечения системы пожарной безопасности. Концептуальной основой здесь является следующее: за счет уменьшения количества надзорных мероприятий путем усиления профилактического сегмента достичь снижения количества пожаров и травматизма.

• Предполагает внешнее активное стимулирование, побуждение аудитории к положительной, инициативной, творческой деятельности.
 • Осуществляется посредством общественного признания успехов, награждения, поочередного удовлетворения духовных и материальных потребностей человека. Возникающие при этом положительные эмоции, рост уверенности в себе приводят к повышению личной ответственности, что, в свою очередь, приводит к повышению эффективности и качества проводимой профилактической работы.
 • Должно сопровождаться повышением требований к населению постановкой перед ними более сложных задач в области обеспечения безопасности.

• Предполагает показ аудитории в целостности и деталях реальных случаев нарушений требований безопасности, произошедших пожаров и чрезвычайных ситуаций, аналитического рассмотрения и обсуждения связанных с ними различных проблем.
 • Обеспечивает эффективное восприятие и осмысление аудиторией мер безопасности в их динамике и во времени.



• Предполагает последовательное и логичное изложение специалистом (агитатором) мер безопасности, которые содержат наглядный пример или анализ тех или иных правил безопасности и действий людей в случае возникновения ЧС (пожара).
 • Побуждает человека к осторожному обращению с огнем, соблюдению требований безопасности в быту.

• Предполагает создание, усиление или изменение взглядов, мнений, оценок, установок у объекта воздействия с тем, чтобы он принял точку зрения убеждающего и следовал ей в своей деятельности и поведении.
 • Требуется оперативная систематическая объективная информация, разъяснение и гласность по важнейшим вопросам обеспечения безопасности.
 • Существенное значение в убеждении и переубеждении имеет практика, опыт, показательный пример. Убеждение требуется тогда, когда необходимо доказать необходимость соблюдения требований безопасности.

• Предполагает активное взаимодействие и влияние беседующих людей друг на друга.
 • Активизация познавательной деятельности аудитории, вовлечение аудитории в активный мыслительный поиск, в разрешение противоречий, самостоятельное формирование выводов и обобщений по вопросам культуры безопасности жизнедеятельности.

Рис. 1. Методы противопожарной пропаганды, осуществляемой на территории Ивановской области

¹Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 30.10.2018) «О пожарной безопасности».

²Указ Президента РФ от 01.01.2018 № 2 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года».

В связи с этим, актуальным представляется качественное преобразование методов, форм, средств и видов проводимой противопожарной пропаганды (далее – ПП).

Для этого необходимо охарактеризовать в первую очередь современные средства и виды ПП, используемые в Ивановской области, поскольку арсенал средств и видов ПП позволяет далее развивать, модифицировать, разрабатывать новые, актуальные ее методы.

В перечне основных, систематически проводимых специалистами ГУ МЧС России по Ивановской области профилактических мероприятий:

- профилактические рейды;
- акции, социальные акции («Пожарный извещатель» и др.);
- бесвозмездная установка пожарных извещателей и ремонт печного отопления в местах проживания социально незащищенных групп населения и многодетных семей;
- участие в Совете отцов;
- смс-оповещение;
- подворовые обходы;
- тематические месячники;
- работа в средствах массовой информации в части пропаганды и обучения населения в области пожарной безопасности и безопасной эксплуатации систем отопления, газового оборудования и приборов.

К примеру, на сайте ГУ МЧС России по Ивановской области [1], в разделах «Полезная информация» и «Рекомендации населению» приводятся самые разнообразные материалы информационного и обучающего формата в области гражданской обороны (далее – ГО), пожарной безопасности (далее – ПБ), безопас-

ности в случае теракта и т.п. (правила, памятки, рекомендации, плакаты, листовки, флаеры):

- 1) информация для населения по вопросам гражданской обороны;
- 2) «Добрые советы от МЧС» для разных возрастных категорий населения (дети и взрослые), на различные времена года;
- 3) «Памятки по безопасному поведению на воде»;
- 4) «Памятки по пожарной безопасности»;
- 5) «Ваша безопасность» и др.

Информация в этих разделах представлена как в текстовом формате, так и в виде инфографики.

В социальных сетях того же ведомства, кроме вышеупомянутых видов пропаганды, имеются фото- и видеоматериалы информационного и образовательного характера [2-7]. Среди социальных сетей у населения Ивановской области наибольший интерес вызывает сеть Одноклассники (рис. 2). Поэтому, в будущем нам видится возможным акцентировать внимание специалистов на ресурсах данной социальной сети. Аналогичная картина наблюдается в Ярославской, Владимирской, Нижегородской, Московской областях. Различия отмечаются лишь в предпочтении населения тех или иных социальных сетей в зависимости от жизненных ориентаций.

На телевидении и радио в качестве вида противопожарной пропаганды используется так называемая «социальная реклама» (например, «бегущая строка»).

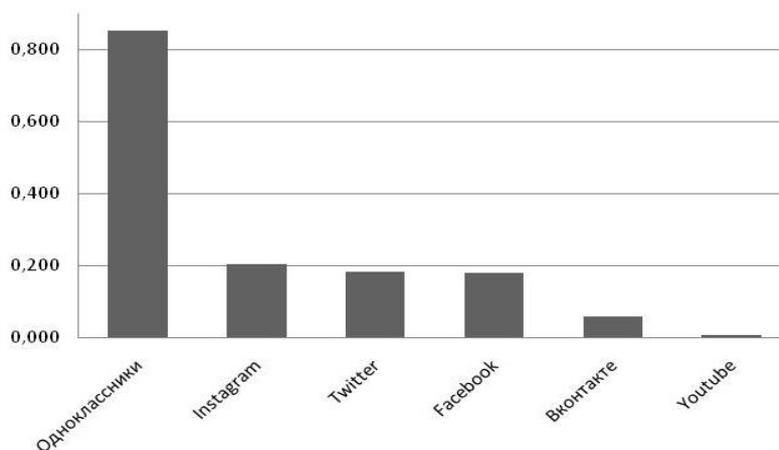


Рис. 2. Количество подписчиков, читателей и участников на официальной странице ГУ МЧС России по Ивановской области в социальных сетях в % по отношению к численности трудоспособного населения по [8]

Сайт Главного Управления МЧС России по Ивановской области содержит также интернет-ссылки на сторонние ресурсы, относящиеся к ведомственным, например, МЧС Медиа, где можно найти интернет-магазин с сувенирной продукцией, или сайт Спас Экстрим – портал детской безопасности МЧС России с компьютерной игрой «Спасатель».

Новые виды противопожарной пропаганды, такие как флэшмоб соответствующей тематики, противопожарный квест используются в Ивановской области с 2017-2018 гг. и набирают у населения все большую популярность [1, 9].

В настоящее время специалистами разрабатывается новое направление, новый вид противопожарной пропаганды – песочная (порошковая) анимация и графика.

Подводя итог вышесказанному, следует отметить, что предупреждение пожаров в результате неосторожного обращения с огнем, предотвращение гибели детей на пожарах в настоящее время является приоритетной задачей надзорных органов Главного управления, которое требует комплексного решения в рамках проводимой противопожарной пропаганды.

Таким образом, систематизируя и анализируя имеющийся арсенал различных видов противопожарной пропаганды в Ивановской области, следует отметить следующее. Простейшими, базовыми видами противопожарной пропаганды, в самом общем случае, являются текстовые, аудио-, фото- и видеoinформационные, обучающие материалы (рис. 3, 1). К ним относятся обычные текстовые рекомендации, правила, плакаты, памятки. Фотографии и видеоролики также следует отнести к базовым видам противопожарной пропаганды. Синтез каких-либо двух способов передачи информации дает более сложные виды пропаганды (рис. 3, 2), например инфографика, видеографика, анимация.

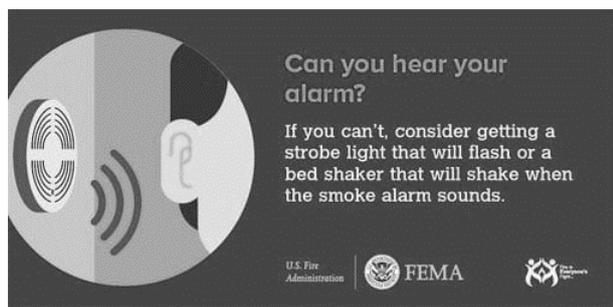
Синтез приведенных видов пропаганды (1) и (2) приводит к еще более сложным ее видам, таким как компьютерная программа (игра), флэшмоб и квест.

Охарактеризуем возможные перспективные направления развития противопожарной пропаганды в Ивановской области.

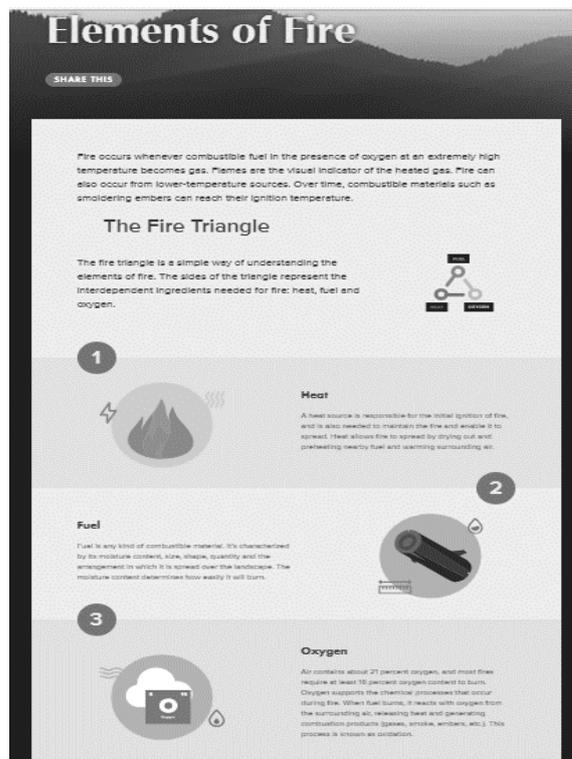
1. Разработка информационных материалов по пожарной безопасности для пожилых людей (с учетом психологических особенностей этой возрастной группы) и их опекунов. Примером тому могут служить различные плакаты, памятки и др. материалы базы цифровых медиа сайта U.S. Fire Administration [10] (рис. 4, а). 2. Просвещение населения в области основ физики и химии возникновения горения, его развития и прекращения. Среди большого числа разнообразных интернет-ресурсов данной тематики можно выделить специализированный сайт рекламной кампании США по предотвращению лесных пожаров Smokey Bear, на котором приводится информация о треугольнике горения в краткой и доступной форме [11] (рис. 4, б). 3. Внедрение в существующие виды противопожарной пропаганды различных технологий пропаганды. В настоящее время основное внимание специалистов, разрабатывающих и внедряющих противопожарную пропаганду, направлено на виды подачи информации. Однако технологии пропаганды, стратегии управления поведением нередко обходят стороной. Это не сформировавшееся еще в наши дни направление развития противопожарной пропаганды может качественным образом преобразовать ее. Использование некоторых элементов различных технологий пропаганды можно увидеть на сайте U.S. Fire Administration [10]. Например, в разделе «Fire prevention and public education» можно увидеть не только ссылку на материалы противопожарной пропаганды, но и призыв к действию (рис. 5).



Рис. 3. Схема, отображающая в общем виде способы передачи информации в различных видах, средствах, формах и методах противопожарной пропаганды



а



б

Рис. 4. Примеры размещения противопожарной пропаганды на интернет-ресурсах:

а – карточки с информацией о пожарной безопасности для пожилых людей [10]

б – страница сайта Smokey Bear с информацией о треугольнике горения [11]

Fire prevention and public education

Explore these free materials to:

- Help your fire department increase community awareness about preventing home fires.
- Work with the news media to get fire prevention messages into news stories.
- Learn about the latest research on fire detection, suppression and notification systems.

The U.S. Fire Administration (USFA) develops and delivers fire prevention and safety education programs in partnership with other federal agencies, the fire and emergency response community, the media, and safety interest groups. We also work with the public and private groups to promote and improve fire prevention and life safety through research, testing and evaluation.



Fire is Everyone's Fight® is a national initiative to unite the fire service, life safety organizations and professionals in an effort to reduce home fire injuries, deaths and property loss by changing how people think about fire and fire prevention.

Join the fight!

Рис. 5. Скриншот страницы раздела «Fire prevention and public education» сайта U.S. Fire Administration [10]

Таким образом, существующие виды, формы и методы ведения противопожарной пропаганды не в полной мере отражают реалии современной действительности. С появлением новых технологий, методов, в том числе информационных, достижение целей противопожарной пропаганды возможно осуществить более эффективным способом. Кроме

того, детальное изучение и анализ имеющегося опыта в области профилактической работы на территории Ивановской области и других территориальных подразделений позволит модернизировать технологии и методы противопожарной пропаганды, используемые в Российской Федерации.

Список литературы

References

1. Главное Управление МЧС России по Ивановской области [Заглавие с экрана]. – URL: <http://37.mchs.gov.ru/> (дата обращения: 18.02.2019).

2. ГУ МЧС России по Ивановской области [Заглавие с экрана]. – URL: <https://www.youtube.com/user/GUMCHS37/> (дата обращения: 18.02.2019).

3. ГУ МЧС России по Ивановской области [Заглавие с экрана]. – URL: <https://vk.com/public172503347> (дата обращения: 18.02.2019).

4. Главное Управление МЧС России по Ивановской области [Заглавие с экрана]. – URL: <https://twitter.com/smimchs37> (дата обращения: 18.02.2019).

5. Главное Управление МЧС России по Ивановской области [Заглавие с экрана]. – URL: https://www.instagram.com/mchs_ivanovo/ (дата обращения: 18.02.2019).

6. ГУ МЧС России по Ивановской области [Заглавие с экрана]. – URL: <https://ok.ru/gumchs.ivanono> (дата обращения: 18.02.2019).

7. Главное Управление МЧС России по Ивановской области [Заглавие с экрана]. – URL: https://www.facebook.com/press.sluzhba.mchs/?modal=suggested_action (дата обращения: 18.02.2019).

8. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ивановской области [Заглавие с экрана]. – URL: <http://ivanovo.gks.ru/> (дата обращения: 18.02.2019).

9. Ивановское областное отделение ВДПО [Заглавие с экрана]. – URL: http://www.ivdpo.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=717 (дата обращения: 18.02.2019).

10. U.S. Fire Administration [Заглавие с экрана]. – URL: <https://www.usfa.fema.gov/prevention/> (дата обращения: 18.02.2019).

11. Elements of Fire [Заглавие с экрана]. – URL: <https://smokeybear.com/en/about-wildland-fire/fire-science/elements-of-fire> (дата обращения: 18.02.2019).

1. *Glavnoe Upravlenie MCHS Rossii po Ivanovskoj oblasti.* – URL: <http://37.mchs.gov.ru/> (data obrashcheniya: 18.02.2019).

2. *GU MCHS Rossii po Ivanovskoj oblasti.* – URL: <https://www.youtube.com/user/GUMCHS37/> (data obrashcheniya: 18.02.2019).

3. *GU MCHS Rossii po Ivanovskoj oblasti.* – URL: <https://vk.com/public172503347> (data obrashcheniya: 18.02.2019).

4. *Glavnoe Upravlenie MCHS Rossii po Ivanovskoj oblasti.* – URL: <https://twitter.com/smimchs37> (data obrashcheniya: 18.02.2019).

5. *Glavnoe Upravlenie MCHS Rossii po Ivanovskoj oblasti.* – URL: https://www.instagram.com/mchs_ivanovo/ (data obrashcheniya: 18.02.2019).

6. *GU MCHS Rossii po Ivanovskoj oblasti.* – URL: <https://ok.ru/gumchs.ivanono> (data obrashcheniya: 18.02.2019).

7. *Glavnoe Upravlenie MCHS Rossii po Ivanovskoj oblasti.* – URL: https://www.facebook.com/press.sluzhba.mchs/?modal=suggested_action (data obrashcheniya: 18.02.2019).

8. *Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Ivanovskoj oblasti.* – URL: <http://ivanovo.gks.ru/> (data obrashcheniya: 18.02.2019).

9. *Ivanovskoe oblastnoe otdelenie VDPO.* – URL: http://www.ivdpo.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=717 (data obrashcheniya: 18.02.2019).

10. U.S. Fire Administration. – URL: <https://www.usfa.fema.gov/prevention/> (data obrashcheniya: 18.02.2019).

11. Elements of Fire. – URL: <https://smokeybear.com/en/about-wildland-fire/fire-science/elements-of-fire> (data obrashcheniya: 18.02.2019).

Чеснокова Любовь Николаевна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат химических наук, старший преподаватель
E-mail: michura@bk.ru

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (12) – 2019

Chesnokova Lyubov' 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
candidate of chemical sciences, senior lecturer
E-mail: michura@bk.ru

Мочалова Татьяна Александровна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат биологических наук, заместитель начальника кафедры
E-mail: mihailmochalov@mail.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
Candidate of Biological Sciences, Deputy Head of the Department
E-mail: mihailmochalov@mail.ru

Кокурин Алексей Константинович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат исторических наук, старший преподаватель
E-mail: kokurin@mail.ru

Kokurin Alexey Konstantinovich

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
Candidate of Historical Sciences, Senior Lecturer
E-mail: kokurin@mail.ru

Сторонкина Ольга Евгеньевна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат химических наук, старший преподаватель
E-mail: michura@bk.ru

Storonkina Ol'ga 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
candidate of chemical sciences, senior lecturer
E-mail: oleg1968@mail.ru

Лазарев Александр Александрович

Главное управление МЧС России по Ивановской области,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат педагогических наук, доцент
E-mail: lazareva0803@yandex.ru

Lazarev Aleksandr Aleksandrovich

General Directorate of EMERCOM of Russia in the Ivanovo region,
Russian Federation, Ivanovo
Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
E-mail: lazareva0803@yandex.ru

УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 37.07

ПРОЕКТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ МЧС РОССИИ

И. И. ЛЕДЯЙКИНА, Т. В. ФРОЛОВА

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: ledyaykinai@mail.ru

В результате изучения передового опыта использования современных систем управления образовательным процессом в образовательных организациях, наиболее оптимальным будет являться внедрение проектного подхода к управлению образовательным процессом. Проектный метод – является одним из основных подходов в современной теории управления. Данный подход подразумевает четкую постановку целей, создание и реализацию программы действий, необходимых для достижения поставленных целей. Проектный метод используется как теоретическая основа стратегического руководства, которое все больше используется в современных условиях. Данный метод считается одним из самых точных. Используя проектный метод управления в образовательных организациях системы МЧС России ожидается появление нового типа выпускника, обладающего необходимыми компетенциями, имеющим особый взгляд на мир и общество, отличающийся умением работать в коллективе и руководить им, готовый взять на себя ответственность.

Ключевые слова: проект, управление, образовательные организации, конкурентоспособный выпускник, профессиональное образование.

PROJECT MANAGEMENT IN EDUCATIONAL ORGANIZATIONS OF EMERCOM OF RUSSIA

I. I. LEDYAYKINA, T. V. FROLOVA

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: ledyaykinai@mail.ru

As a result of studying the advanced experience in the use of modern educational process management systems in educational organizations, the most optimal will be the introduction of a project approach to managing the educational process. The project method is one of the main approaches in modern management theory. This approach implies a clear setting of goals, the creation and implementation of a program of actions necessary to achieve the goals. The project method is used as a theoretical basis for strategic management, which is increasingly used in modern conditions. This method is considered one of the most accurate. Using the project management method in educational organizations of the EMERCOM of Russia system, a new type of graduate is expected to emerge, possessing the necessary competencies, having a special view of the world and society, distinguished by the ability to work in a team and manage it, ready to take responsibility.

Key words: project, control, educational organizations, competitive graduate, professional education.

Стратегическая задача нашей страны – обеспечение национальной безопасности и суверенитета. И у этой задачи единственное решение – формирование эффективной конкурентоспособной инновационной экономики, которую невозможно представить без подготовки соответствующих кадров.

Система профессионального образования, обеспечивая квалификационную структуру экономически активного населения, формирует рынок труда, непосредственно воздействует на экономические процессы, состояние культуры и науки. Поэтому проблема цели образования актуальна не только для педагогики, но и для политики и экономики. Она изменяется, корректируется с развитием общества, уточняется в соответствии с новыми общественными условиями. Следовательно, цель образования формируется вне системы образования, обусловлена потребностями общества на данном этапе развития и представляет собой социальный заказ, как на профессионала-специалиста, так и на личность, отвечающую современным общественным нормам. Таким образом, профессиональное образование не сводится только к профессиональному обучению, но и предусматривает интеллектуальное, культурное развитие личности.

Как один из видов инновационной деятельности широкое распространение в последние годы получила технология проектирования. Организация проектной деятельности, как любой инновационной деятельности, требует обновления управленческой структуры образовательной организации. На пути организации и реализации любой инновационной деятельности и проектной в частности возникают трудности, если не реформируется система управления.

В образовательных учреждениях в целях оптимизации управления образовательным процессом часто используются проекты разных типов. В научной литературе дается несколько определений проекта. «Проект – комплексное, не повторяющееся, одномоментное мероприятие, ограниченное по времени, бюджету, ресурсам, а также четкими указаниями по выполнению, разработанными под потребности заказчика» (Клиланд Д.А., Айрленд Л.Р.). «Под проектом понимается система сформулированных в его рамках целей, создаваемых или модернизируемых для их реализации физических объектов, технологических процессов; технической и организационной документации для них, материальных, финансовых, трудовых и иных ресурсов, а также управленческих решений и мероприятий по их

выполнению» (Новиков А.М.). «Проект – это ограниченное по времени целенаправленное изменение отдельной системы с установленными требованиями к качеству результатов, возможными рамками расхода средств и ресурсов и специфической организацией» (В.И. Воропаев). «Проект – это комплексная деятельность временного коллектива специалистов в условиях активного взаимодействия с внешней средой, которая направлена на выполнение четко обозначенной цели и получение конкретного результата (изменения) в заданный промежуток времени с использованием ограниченных финансовых и других ресурсов» (М.В. Шейнберг).

Жизненный цикл проекта включает в себя три фазы: проектирование проекта, запуск проекта и его дальнейшая реализация, завершение или финализация проекта.

Фаза проектирования (создания проекта) состоит из следующих этапов:

- формирование концепции, т.е. формулирование основной идеи проекта, замысла, цели, задач;

- формализация ожидаемых результатов, определение основных участников (исполнителей, соисполнителей проекта);

- моделирование, что подразумевает разработку моделей (схематических, эскизных, описательных, технических, макетов и др.) и выбор оптимальной в случае конкретного образовательного учреждения модели, позволяющей в приемлемые сроки достигать запланированного образовательного результата;

- планирование процессов подразумевает определение алгоритма, дорожной карты, графика действий по решению запланированных образовательных задач;

- в ходе конструирования выполняется детализация плана, уточнение и распределение необходимых ресурсов в процессе реализации проекта, обеспечивающих планируемое качество образования выполнения проекта;

- конечным этапом является заключение проектирования, в ходе которого осуществляется оценка процесса реализации проекта, выявление преимуществ, социальных эффектов от реализации образовательного проекта, определение рисков в ходе его осуществления, возможных способов их устранения;

- по итогам реализации проекта определяется возможность дальнейшего применения проекта в образовательной практике.

Фаза запуска проекта и его реализации предполагает:

- выполнение и оперативную корректировку планируемых действий, которые ограничены по времени;
- минимизацию рисков и факторов, оказывающих влияние на ход выполнения проекта;
- оптимальное распределение ресурсов на реализацию тех или иных задач;
- мотивация всех участников проекта по выполнению работ.

Фаза завершения проекта призвана обобщить полученные результаты реализации проекта. Таковыми являются разработанные документы, программы, планы, методические материалы, публикации, статьи, дидактические материалы, описание опыта и т. д. На стадии завершения необходимо оценить не только образовательные результаты, но и социальные. Социальными вкладами могут являться значимость реализации проекта для родителей, социального окружения (библиотеки, детского дома; ветерана, живущего в соседнем доме и т. п.). В ходе анализа результатов реализованного проекта оценивают его успешность.

Об успешности реализованного проекта можно судить по тому, насколько полученный результат соответствует поставленной цели образовательного проекта. Эффективность проекта можно оценить по корреляции полученных результатов запланированным. Результативность проекта определяют также исходя из соответствия качества полученных в ходе выполнения проекта результатов и затрат ресурсов и рабочего времени. Необходимо оценить и такой показатель успеха проекта, как степень удовлетворенности участников и исполнителей проекта. Одними из наиболее важных критериев качественной оценки проекта можно назвать его конкурентоспособность, жизнеспособность, востребованность, устойчивость (возможность продолжения деятельности и дальнейшего развития проекта с опорой на местные ресурсы, возможность использования практического опыта реализации разными организациями на других территориях).

Процесс разработки проекта в управление образовательным процессом начинается с создания его концепции. Концепция является концентратом общего образовательного, социокультурного, управленческого смысла образовательного проекта, целей его реализации, результатов комплексного анализа, практических проблем и возможностей внесения изменений в образовательную систему. При

выработке концепции проекта необходимо помнить, что его участники должны понимать цели и функции проекта. Основными функциями образовательного проекта являются следующие:

- моделирующая, которая регистрирует изменения в системе управления образовательным процессом, в самообразовательном процессе, в условиях функционирования и реализации образовательного проекта;
- развивающая функция, которая модифицирует текущее состояние функционирования системы управления образовательным процессом в развивающий режим;
- прогностическая функция, которая позволяет сформировать основы развития системы управления образовательным процессом;
- исследовательская функция, которая закладывает основы для анализа эффективности управления образовательным процессом, модели образовательного процесса, особенностей методической работы и т.п.

Концепция проекта формируется поэтапно: выявляются противоречия между участниками проекта; формулируются текущие и будущие проблемы; определяются объекты проектирования, определяются цели и задачи проекта управления образовательным процессом; формируется желаемые результаты.

На начальной стадии разработки концепции образовательного проекта изучается существующая ситуация, в которой находится система управления образовательным процессом, и определяются несоответствия с планируемым состоянием, зафиксированным в программе развития; с требованиями ФГОС; с реализуемыми образовательными программами в образовательном учреждении; с требованиями социума. Из анализа противоречий формулируется кейс, определяющий поле для ее решения. Проблема является вопросом, ответ на который обычно находится в ходе выполнения проекта. Решение проблемы должно позволить снять выявленные в ходе анализа противоречия и приведет к необходимым изменениям как в организационной, так и в содержательной части системы управления образовательным процессом. Определение противоречий позволяет определить объекты проектирования, то есть, то, что будет подвергаться изменению в целях решения проблемы.

Цели и задачи проекта, должны характеризовать собой планируемый образ будущего результата. Цель – желаемый продукт деятельности, достигнутый за определенный заранее интервал времени. Цели проекта необходимо формулировать реалистичными, ран-

жируемыми, то есть, подчинены определенной иерархии, согласованы между собой, коррелировать от этапа работы; измеряемы, т.е. должны использовать конкретные измеряемые критерии, объективные показатели, распространенные индикаторы при оценке результатов.

При разработке последовательности задач учитывают имеющиеся ограничения, а также условия, в которых необходимо достижение цели. Для реализации ряда задач возможно создание специфических условий, в связи с этим разработка механизмов для получения измененных условий будет являться первостепенной задачей. Часть задач может решаться при незначительных изменениях (например, при более детальном планировании). Приоритет таких задач определяется проектировщиками исходя из логики воплощения проекта. При формулировании задач необходимо учитывать тот факт, что в общем понимании, задача – планируемый результат деятельности, реализуемой за планируемый период, который можно охарактеризовать несколькими количественными и качественными признаками. Задачи можно сгруппировать по признакам:

- исследовательские;
- задачи по материально-техническому, научно-методическому и информационному обеспечению;
- задачи по управлению и оценке проекта и др.

При определении задач, в них необходимо отразить желаемый результат и те операции, которые необходимы для выполнения. Так, результатом выполнения задачи по формированию организационно-функциональной математической модели внедрения ФГОС профессионального образования будет определена модель функционирования и организации образовательной системы учреждений образования, соответствующая требованиям ФГОС. Этап разработки включает в себя заранее определенные действия: обучение, разработка плана, представление его, анализ полученной модели, ее оптимизация. К участию в реализации проекта можно подключить не только преподавателей, но и представителей органов государственного управления, сторонних экспертов, родственников обучающихся. По мере обсуждения полученных моделей стороннее мнение может оказать важное влияние для улучшения модели. Период реализации проектов во многом зависят от масштабов проекта. Различают следующие виды проектов: краткосрочные (срок реализации полгода- год) и долгосрочные, более года.

Для команды управления образовательным проектом важны и такие эффекты проекта, как рост компетентности проектной команды, создание в ней хорошего творческого климата, развития ее полезных связей. Достижение планируемого результата проекта в управлении образовательным процессом оценивается по ряду показателей. Об успешности проекта судят по тому, насколько полученный реальный результат соответствует по своим инновационным, качественным, временным, социальным характеристикам запланированному уровню и поставленным целям. Под результативностью проекта понимается отношение его реальных результатов к тем результатам, которые были запланированы. Если при этом существенные характеристики полученного результата удовлетворяют актуальные и перспективные потребности системы управления образовательным процессом, правомерно говорить о высоком качестве результатов проекта. Если результаты проекта достигаются при разумных, рациональных затратах времени и ресурсов, имеет место такой показатель успеха проекта, как его экономичность, эффективность [1].

Как показывает опыт последних лет, проектный метод проявил себя как эффективный инструмент эволюции инновационной деятельности образовательной организации, который может позволить укрепить ее репутацию в сфере образовательных услуг за счет адаптивности к изменяющимся условиям внешней среды, повышения качества и конкурентоспособности выпускников. Как указывает Новиков А.М. и другие авторы, в качестве основных преимуществ внедрения проектного управления следует выделить:

- концентрацию всех сфер образовательной организации (образовательной, научной, финансовой, управления и др.) на решении поставленной стратегической задачи;
- гибкость проектных структур и возможность создания проектной команды в короткое время;
- усиление личной ответственности каждого руководителя за конкретный проект [2].

Исходя из этого, главным преимуществом проектного подхода является возможность реализации поставленных целей в короткие сроки путем сосредоточения организационных, финансовых и кадровых ресурсов, использование четких алгоритмов действий и контроля достижения результатов проекта. В целом проектный подход как инновационный метод в сфере образования способствует

обеспечению преемственности между всеми уровнями управления инновационными процессами, увязывая стратегические инновационные цели государства со стратегией развития конкретной образовательной организации, которая базируется на специфичных для него стержневых компетенциях, определяющих генерирование конкретных видов инноваций [3].

Анализ существующих систем управления образовательным процессом в учебных заведениях системы МЧС России выявил необходимость в следующих изменениях:

1. усиление управленческого ядра;
2. расширение служащей развитию образовательной организации периферии;
3. диверсификация источников финансирования;
4. стимулирование основного профессорско-преподавательского состава;
5. внедрение общей образовательной культуры;
6. индивидуальность и разнообразие.

Усиление управленческого ядра. В связи с необходимостью к адаптации к быстроменяющимся условиям внешней среды, запросам общества, необходимо усилить управленческий потенциал образовательной организации. Это возможно за счет создания управленческого ядра, состоящего из центральной группы менеджеров и академического подразделения. Это позволит соединить новеллы в области управления с традиционными ценностями образовательной организации

Расширение служащей развитию образовательной организации периферии. Необходимо стимулировать те структурные подразделения образовательной организации, обеспечивающие «переток» знаний, контакты с промышленностью, защиту интеллектуальной собственности, повышение квалификации, работу с выпускниками.

Диверсификация источников финансирования. Активная работа по внедрению научных разработок образовательной организации на коммерческой основе, качественное образование, позволяющее набирать коммерческих студентов позволяет в достаточной степени расширить финансирование образовательной организации, что в конечном итоге позволяет сделать ее более конкурентоспособной на рынке образовательных услуг.

Индивидуальность и разнообразие. На системном уровне большее разнообразие и сотрудничество могут быть достигнуты модифицированием способов конкуренции. Вместо конкуренции внутри образовательной организации между структурными подразделениями, необходимо совместными усилиями решать социально значимые проблемы, выполнять социальный заказ общества. Это, с одной стороны, позволит образовательной организации избежать конвергенции структурных подразделений. С другой стороны позволит извлекать выгоду из разделения труда, вызванного различной специализацией направлений образовательной деятельности и, соответственно, самих структурных подразделений [4].

Таким образом, внедрение проектного подхода в управлении образовательных процессом в образовательных организациях системы МЧС России позволит решить множество существующих проблем. В результате их решения ожидается появление нового типа выпускника, обладающего необходимыми компетенциями, имеющим особый взгляд на мир и общество, отличающийся умением работать в коллективе и руководить им, готовый взять на себя ответственность. Таким образом выпускник – личность с активной жизненной позицией, законопослушный гражданин, уважающий ценности других культур, обладающий следующими качествами:

- воспитанность;
- коммуникативность;
- адаптивность;
- владение основами поиска информации для самообучения и непрерывного самосовершенствования в профессии;
- направленность на саморазвитие и самореализацию;
- придерживающийся здорового образа жизни;
- обладающий навыками работы в команде, готов быть лидером или исполнителем в зависимости от ситуации;
- умение вливаться в творческую деятельность;
- умение брать ответственность в виде принятия решения;
- социальный оптимизм и социальная мобильность, готовность к преодолению трудностей в профессиональной и жизненной карьере.

Список литературы

1. Управление человеческими ресурсами / Под ред. М. Пула, М. Уорнера. СПб.: Питер, 2015. 1200 с.

2. Новиков А.М., Новиков Д.А. Образовательный проект (методология образовательной деятельности). М.: Эгвес, 2014. 120 с.

3. Математические основы управления проектами / С.А. Баркалов [и др.]. М.: Высш. шк., 2015. 23 с.

4. Лукашенко М.А. Высшее учебное заведение на рынке образовательных услуг: актуальные проблемы управления. М.: Маркет ДС, 2013. 358 с.

2. Novikov A.M., Novikov D.A. *Obrazovatel'nyj projekt (metodologiya obrazovatel'noj deyatel'nosti)* [Educational project (methodology of educational activities)]. Moscow: EHGves, 2014. 120 p.

3. *Matematicheskie osnovy upravleniya proektami* [Mathematical foundations of project management] / S.A. Barkalov [et. al.]. Moscow: Vyssh. shk., 2015. 423 p.

4. Lukashenko M.A. *Vysshee uchebnoe zavedenie na rynke obrazovatel'nyh uslug: aktual'nye problemy upravleniya* [Institution of higher education in the educational market: topical management problems]. Moscow: Market DS, 2013. 358 h.

Referens

1. *Upravlenie chelovecheskimi resursami* [Human resource management]. St. Petersburg: Piter, 2015. 1200 p.

Ледяйкина Ирина Ивановна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат экономических наук, доцент
E-mail: ledyaykinai@mail.ru

Ledyaykina Irina Ivanovna

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
candidate of economic sciences, docent
E-mail: ledyaykinai@mail.ru

Фролова Татьяна Владиславовна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: ledyaykinai@mail.ru

Frolova Tatjana Vladislavovna

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: ledyaykinai@mail.ru

УДК 372.857; 372.862; 331.446.4

ВОСПИТАНИЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИ ГРАМОТНОГО ПОКОЛЕНИЯ – ОСНОВА БУДУЩЕГО

Е. Г. САРАСЕКО

Гомельский филиал Университета гражданской защиты МЧС Беларуси
E-mail: elen_saraseko@tut.by

Для населения Республики Беларусь, которое проживает в условиях существующего радиоактивного загрязнения территории после катастрофы на Чернобыльской АЭС и в связи со строящейся первой атомной электростанцией в г. Островце крайне важно иметь грамотных специалистов технического направления. Для этой цели приведен пример составления расширенного содержания дипломной работы с радиологической составляющей одного из выпускников Гомельского филиала Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, с учетом ранее разработанной опорной схемы к структуре построения реферата для учеников общеобразовательных школ по Т.С. Суховой (1997 год). Будущие сотрудники МЧС с развитой культурой безопасности, которые разбираются в вопросах радиационной безопасности и радиационной защиты, смогут быстро и качественно решать возникающие проблемы на сельскохозяйственных землях, загрязненных радионуклидами, в целях получения «чистой» растениеводческой продукции по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr . В дальнейшем сотрудники МЧС смогут активно вести информационно-пропагандистскую работу с населением, проживающим на радиоактивно загрязненных территориях.

Ключевые слова: радиационная безопасность, обучающий процесс, контроль знаний, дипломная работа, защитные мероприятия, информационная работа, радиофобия, радиэкологическое мировоззрение.

INSTRUCTION OF A RADIOLOGICALLY LITARATE GENERATION IS THE BASIS OF THE FUTURE

E. G. SARASEKO

The Gomel branch of the University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations
of the Republic of Belarus, Republic of Belarus, Gomel
E-mail: elen_saraseko@tut.by

Taking into account the population of the Republic of Belarus living on the territories of radioactive contamination after the Chernobyl disaster and the first nuclear power plant near the town of Ostrovets it is very important to have literate specialists in technical sciences. For this purpose an example of writing diploma thesis of a broader content with radiological inclination of a graduating student of the Gomel branch of the University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus is displayed. An essay writing outline developed earlier in a textbook for high schools by T.S.Suchova (1997) was taken into account. Future rescuers literate in the area of radiation safety and defense against radiation can quickly and qualitatively resolve problems emerging in the agriculture areas contaminated by radionuclides in order to grow clean agriculture produce according to content of ^{137}Cs and ^{90}Sr . Also in the future officers of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus can actively carry out their propaganda among the population living on the territories contaminated by radionuclides.

Key words: radiation safety, educational process, knowledge control, diploma thesis, defensive measures, information work, radiophobia, radioecological outlook.

С целью защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Республике Беларусь функционирует государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, объединившая в себе организационные, кадровые, материальные и научные ресурсы, необходимые для успешного противостояния бедствиям [1]. МЧС, являясь в этой системе ключевым звеном, не только координирует, контролирует и направляет соответствующую работу других заинтересованных министерств и ведомств, но и осуществляет регулирование и управление по важнейшим составляющим безопасности: в области пожарной, промышленной, ядерной и радиационной безопасности, ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, гражданской обороны [1]. Для реализации Закона Республики Беларусь «О радиационной безопасности населения» в условиях постоянной радиационной опасности каждый руководитель большого или малого уровня должен уметь прогнозировать радиационную обстановку, уметь ее оценивать, чтобы при необходимости организовать защиту объектов и людей [2]. Поэтому формирование информационной и экологической компетентности инженера-спасателя в случае аварийного выброса радионуклидов в окружающую среду является важной составляющей образовательного процесса в Гомельском филиале Университета гражданской защиты МЧС Беларуси.

Термин «Культура безопасности» впервые появился в итоговом докладе Международной комиссии по ядерной безопасности на совещании по рассмотрению причин и последствий аварии в Чернобыле, опубликованном МАГАТЭ в качестве Серии изданий по безопасности, № 75-INSAG-1, в 1986 году. Далее термин был раскрыт в «Основных принципах безопасности атомных электростанций», Серия изданий по безопасности, № 75-INSAG-3 в 1988 году [3]. В настоящее время «Культура безопасности» рассматривается как фундаментальный управленческий принцип и предлагается следующее его определение: это такой набор характеристик и особенностей деятельности организаций и поведения отдельных лиц, который устанавливает, что проблемам безопасности, как обладающим высшим приоритетом, уделяется внимание, определяемое их значимостью [3]. Культура безопасности состоит из двух главных компонентов. Рамки первого определяются политикой организаций и действиями

руководителей, а второго проявляется в реакции отдельных лиц, работающих в этих рамках. Конечный положительный результат, однако, зависит от приверженности и компетентности, определяемый обоими компонентами. Культура безопасности связана с личной ответственностью и преданностью делу всех лиц, занимающихся любой деятельностью, которая влияет на безопасность. В качестве ключевого элемента следует отметить формирование направленного на безопасность мышления, которое формирует внутреннюю критическую позицию, исключает благодушие и предусматривает стремление к совершенству, развитие чувства персональной ответственности и общего саморегулирования в вопросах безопасности [3].

Исходя из выше изложенного проверка знаний, умений и навыков обучающихся по дисциплине «Радиационная и экологическая безопасность» проводится путем выявления и сравнения на том или ином этапе обучения результатов учебной деятельности с требованиями, задаваемыми учебными программами.

Известно, что контроль обучения выражается в форме оценки (в баллах) или словесного (оценочного) суждения преподавателя. Функция контроля обучения слушателей заключается в том, чтобы:

- выявлять знания, умения и навыки обучающихся, усвоенные на каждом этапе обучения для определения готовности их к дальнейшему обучению (деятельности);
- способствовать осмыслению слушателем ответов товарищей, коррекции их и собственных знаний и т.д.;
- повышать ответственность обучающихся за выполняемую работу, приучать трудиться и самостоятельно решать поставленные задачи и т.д. [4].

Проверка знаний может быть индивидуальной (каждого слушателя в отдельности), фронтальной (одновременно всех обучающихся) и комбинированной (например, один или два обучающихся отвечают устно, остальные – письменно). Одним из наиболее гибких методов контроля является устная проверка знаний. Письменный контроль дает возможность одновременно выявить подготовленность к обучению всего подразделения и каждого обучаемого, отличается индивидуальным характером выполнения задания, однако требует много времени на проверку выполненных работ. Основными формами письменного контроля являются письменные ответы на вопросы или проведение тестов

(стандартизованных заданий по результатам выполнения которых, судят о знаниях, умениях или навыках испытуемого) [4].

Предложенные формы контроля знаний обучающихся по дисциплине «Радиационная и экологическая безопасность» применяются и в образовательном процессе Гомельского филиала Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. Дополнительно ознакомить с рекомендациями, которые позволяют студентам улучшить качество ответов по дисциплине «Радиационная и экологическая безопасность» во время зачетно-экзаменационной сессии в высших учебных заведениях технического профиля можно в литературном источнике [5]. Предложенные рекомендации позволяют сформировать навыки самостоятельной и индивидуальной работы у обучающихся под контролем преподавателя с целью развития неформальной логики мышления и умения творчески использовать учебную, научную и справочную литературу.

Однако, для углубления знаний студентов технической специальности по радиоэкологическим вопросам их необходимо направлять на практику в белорусские научно-исследовательские институты, где разрабатываются мероприятия по радиационной защите и обеспечению радиационной безопасности населения. В настоящее время для того, чтобы компенсировать пробел относительно практических вопросов с радиологической составляющей преподаватели расширяют свой диапазон научно-исследовательских работ, которые выполняются студентами. Среди дипломных работ будущих специалистов МЧС можно выделить следующие работы:

1) проведение агрохимических и агротехнических защитных мероприятий на торфяно-болотных почвах, используемых в качестве сенокосов, в случае аварийного выброса ^{137}Cs и ^{90}Sr в окружающую среду Республики Беларусь;

2) проведение агрохимических и агротехнических защитных мероприятий на дерново-подзолистых почвах, используемых в качестве пашни, в случае аварийного выброса ^{137}Cs и ^{90}Sr в окружающую среду Республики Беларусь;

3) оптимизация структуры посевных площадей – защитное мероприятие по рациональному использованию торфяно-болотных почв, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr , занимающих в организациях 35-50% и более от общей площади сельскохозяйственных земель;

4) организация севооборотов – мероприятие, входящее в комплекс защитных мероприятий по рациональному использованию сельскохозяйственных земель, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr ;

5) использование торфяно-болотных почв, занимающих в организациях менее 35% от общей площади сельскохозяйственных земель в случае аварийного выброса ^{137}Cs и ^{90}Sr в окружающую среду Республики Беларусь;

6) перспективы использования сапропелей, бишофита, промышленных рассолов, глинисто-солевых шламов, отходов переработки калийных солей, фосфатного сырья для проведения дезактивации и реабилитации сельскохозяйственных земель, в случае аварийного выброса ^{137}Cs и ^{90}Sr в окружающую среду;

7) перспективы использования карбонатной гжи, бентонитовых глин, вивианита, пресноводных известковых отложений, глауконитсодержащих пород, гидролизного лигнина и цементной пыли для проведения дезактивации и реабилитации сельскохозяйственных земель, в случае аварийного выброса ^{137}Cs и ^{90}Sr в окружающую среду;

8) роль минеральных и микроудобрений в случае аварийного выброса ^{137}Cs и ^{90}Sr в окружающую среду Республики Беларусь;

9) влияние лесных пожаров в Республике Беларусь на экологическую обстановку в мире.

В соответствии с Указом Президента Республики Беларусь № 347 от 17 июля 2014 г. государственная аграрная политика является одним из направлений внутренней политики Республики Беларусь, обеспечивающим стимулирование повышения эффективности агропромышленного комплекса на базе совершенствования специализации сельскохозяйственного производства и его организационно-экономической структуры, рационального использования земель и государственной поддержки агропромышленного комплекса [6]. Получение растениеводческой продукции с содержанием радионуклидов в пределах РДУ-99 является главной задачей ведения сельскохозяйственного производства на загрязненных землях Республики Беларусь после катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Следует отметить, что выполнение данных дипломных работ влияет на радиоэкологическое мировоззрение будущих инженеров-спасателей. Не секрет, что, несмотря на большой прогресс, которого добилась Республика Беларусь в области улучшения

обстановки на пострадавших территориях за почти тридцатилетний промежуток времени, мышление и восприятие людей осталось в плену «чернобыльской мифологии» и стереотипов, застряв в прошлом. Сегодня «чернобыльская мифология» (как и любая другая) формирует отношение общества к миру и действительности, в частности, к радиации как таковой, государству, атомной энергетике в целом [7]. Выше изложенные аргументы необходимо учитывать в силу того, что на современном этапе развития нашей страны в ближайшем будущем у нас начнет функционировать Островецкая АЭС. Белорусская АЭС – результат эволюционного развития наиболее распространенного, технически совершенного и, как следствие, самого безопасного на данный момент типа станций. Объект выполнен таким образом, что даже при аварии (и тем более в нормальных условиях эксплуатации) радиационное воздействие на персонал, население и окружающую среду останется в установленных пределах [8]. Однако, любая информация не лишена субъективности. Поэтому, если возникают какие-либо сомнения относительно тех или иных данных, то их всегда можно и нужно проверить. Преодоление мифов и стереотипов, не соответствующих реальности, является важным условием динамичного развития реабилитируемых районов и формирования в обществе объективной картины развития постчернобыльской ситуации в современной Республике Беларусь. Одним из действенных механизмов их преодоления является серьезная информационная работа [7]. Выполнение радиоэкологических дипломных работ студентами под непосредственным руководством преподавателя на уровне высшего учебного заведения обеспечивает исполнение данной функции.

Для совершенствования обучающего процесса мы предлагаем студентам общие подходы к структуре построения дипломной работы, выстроенные в опорную схему. За основу мы берем разработанную опорную схему Т.С. Суховой к структуре построения реферата для учеников общеобразовательных школ и расширяем её, наполняя содержанием согласно требованиям высшего учебного заведения:

1) введение:

- актуальность проблемы,
- задачи реферата;

2) основное содержание:

- теоретические положения обсуждаемой проблемы,

- иллюстративный материал,
- практические аспекты,
- отношение автора реферата к обсуждаемой проблеме;

3) выводы или рекомендации;

4) список использованной литературы

[9].

В качестве примера рассмотрим содержание дипломной работы одного из выпускников Гомельского филиала Университета гражданской защиты МЧС Беларуси по теме «Оптимизация структуры посевных площадей – защитное мероприятие по рациональному использованию торфяно-болотных почв, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr , занимающих в организациях 35-50% и более от общей площади сельскохозяйственных земель»:

1) реферат;

2) обозначения и сокращения;

3) определения;

4) введение;

5) глава 1 Совершенствование экологической политики в Республике Беларусь:

- кадастровая оценка торфяно-болотных почв по их эффективности и пригодности для возделывания различных видов сельскохозяйственных культур;

- площадь торфяно-болотных почв, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr , после катастрофы на ЧАЭС;

- приоритетные сельскохозяйственные культуры кормопроизводства при оптимизации структуры посевных площадей;

- видовые особенности сельскохозяйственных культур, характеризующиеся минимальным и максимальным накоплением ^{137}Cs и ^{90}Sr ;

- оптимизация структуры посевных площадей – мероприятие, входящее в комплекс защитных мероприятий по рациональному использованию торфяно-болотных почв, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr ;

6) глава 2 Условия и методы проведения исследований;

- определение ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвенных и растительных образцах;

- особенности перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в сельскохозяйственные культуры;

- агрохимическая характеристика торфяно-болотных почв;

- характеристика сельскохозяйственных машин, используемых при проведении работ по оптимизации структуры посевных площадей торфяно-болотных почв, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr на территории Республики Беларусь;

7) глава 3 Предложения рационализации профессиональной деятельности инженера-спасателя, направленные на улучшение их качества работы при проведении оптимизации структуры посевных площадей на сельскохозяйственных землях, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr ;

- кадровое обеспечение;
- психологическая характеристика инженеров-спасателей;
- последовательность действий руководителя инженерно-спасательной группы;
- резерв сельскохозяйственной техники;

8) глава 4 Мероприятия по охране труда и безопасности жизнедеятельности;

9) глава 5 Экономическая целесообразность проведения оптимизации структуры посевных площадей на торфяно-болотных почвах, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr ;

10) заключение;

11) список использованных источников;

12) приложения.

Выше приведенный пример содержания дипломной работы способствует воспитанию грамотного специалиста технического направления при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на почвах торфяно-болотного типа с учетом радиэкологической составляющей. Например, руководитель инженерно-спасательной группы при организации работы по оптимизации структуры посевных площадей на сельскохозяйственных землях с высоким удельным весом торфяно-болотных почв, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr , после выполнения такой дипломной работы будет знать, и придерживаться определенных, разработанных научно-исследовательскими институтами, правил ведения агропромышленного производства:

- проведения/непроведения коренного улучшения сенокосов и пастбищ;
- поверхностного улучшения сенокосов и пастбищ;
- внедрения высокоэффективных почвозащитных зерно-травяных севооборотов;
- совмещения операций основной и дополнительных обработок, применения безотвальной (чизельной, дисковой) и минимальной обработок торфяно-болотных почв с учетом их типа, уровня грунтовых вод;
- использования необходимой сельскохозяйственной техники;
- известкования почв доломитовой мукой или известьесодержащими мелиорантами местного назначения;

- применения фосфорных удобрений;
- применения калийных удобрений;
- применения новых форм медленнодействующих азотных удобрений или азотных удобрений с учетом почвенной диагностики почвы;

- подбора видов и сортов культур с минимальным накоплением ^{137}Cs и ^{90}Sr и т.д..

В ходе выполнения такой дипломной работы студенты узнают, что основу психологической структуры личности инженера-спасателя составляют его организаторские способности. Поэтому в случае необходимости при проведении оптимизации структуры посевных площадей сельскохозяйственных земель, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr , инженер-спасатель должен владеть следующими способностями: организатора (уметь работать с людьми); генератора новых идей; энтузиаста, полным энергии и воодушевляющим коллектив; контролера, аналитика, способного оценить сделанное, быть гарантом качества; бизнесмена, интересующегося внешней стороной дела, связанного с общественностью (это вызывает необходимость овладения дополнительными знаниями в области экономики, предпринимательства, маркетинга); исполнителя, хорошего администратора, способного воплотить идею в практическую деятельность; обладателя огромной трудоспособности. Достаточно трудной задачей является постоянное поддержание своей «формы» (физической, интеллектуальной, внешней и т. п.) в хорошем состоянии [10].

Основываясь на приобретенных знаниях, формируя критическое мышление, ряд студентов (курсантов) начинают преодолевать в себе синдром «радиофобии», сформированный когда-то в обществе постчернобыльского периода. Обучающиеся начинают понимать, что здоровье, согласно определению ВОЗ, это состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней или физических дефектов. От факторов окружающей среды здоровье современного человека зависит примерно на 15%. Условия проживания и образ жизни человека дают наибольший вклад в здоровье – около 60%. Это так называемые поведенческие факторы: питание, вредные привычки, физическая активность и т.д. Вклад наследственных факторов в здоровье оценивается в 15%, еще 10% дает здравоохранение [7].

Кроме этого студенты учатся адекватно оценивать ситуацию на местности и уже в случае аварийной ситуации, связанной с вы-

бросом в окружающую среду радиоактивных веществ, смогут осознанно выполнять комплекс защитных мероприятий, предписанный в рекомендациях по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012-2016 годы [11]. Так как знают, что «зоной», в ее общепризнанном и объективном понимании, можно считать лишь территорию зон отчуждения и отселения, а доступ туда ограничен и хозяйственная деятельность не ведется [7].

Таким образом, обеспечение радиационной безопасности является фундаментальной задачей экологической политики, проводимой современным обществом в Республике Беларусь. Выполняя научные работы с радиоэкологической составляющей, студенты проводят обзорно-аналитический анализ разработанной научно-исследовательскими институтами литературы, начиная от памяток для населения и заканчивая авторефератами

диссертационных исследований научных сотрудников, не исключая Интернет-ресурсы. При этом обучающиеся приобретают информационный опыт работы, а данный тип работы входит в комплекс защитных мероприятий (контрмер), который выполняется на радиоактивно загрязненных территориях, что в дальнейшем позволит будущим работникам МЧС грамотно себя вести при общении и обучении населения правилам эвакуации, защиты от радиации и проживания на данных территориях. Освоив практическую составляющую, связанную с производством нормативно чистой растениеводческой продукции, на загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr сельскохозяйственных почвах, будущие специалисты МЧС будут уверенно, четко и осознанно выполнять мероприятия, направленные на ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций на таких почвах.

Список литературы

1. Организация идеологической работы в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. Мн.: РЦСиЭ МЧС, 2011. 124 с.

2. Шпаковская Л.И. Безопасность жизнедеятельности человека: электронный учеб.-метод. комплекс; http://media.miu.by/files/store/umk/eumk_bezopasnost_zisnedeyatelnosti_cheloveka_2015.pdf. (дата обращения: 22.12.2015).

3. Культура безопасности: доклад Международной консультативной группы по ядерной безопасности. Вена: Межд. агентство по атомной энергетике, 1991. 39 с.

4. Учебно-методическое пособие по повышению квалификации руководителей организаций по вопросам ГО, защиты от ЧС, пожарной безопасности и безопасности на водных объектах в УЦ ФПС. М.: ДГЗ «МЧС России», ЗАО «Спасательная техника», РИК «Галерея», 2007. 752 с.

5. Сарасеко Е.Г. Роль радиационной и экологической безопасности в развитии у курсантов неформальной логики мышления и умения творчески использовать ранее приобретенные знания // Успехи современной науки и образования. 2017. Том 2. № 3. С. 123–128.

6. Указ № 347 от 17 июля 2014 г. «О государственной аграрной политике»; http://president.gov.by/ru/official_documents_ru/vi

[ew/ukaz-347-ot-17-ijulja-2014-g-9288/](http://pab.edufire37.ru/ew/ukaz-347-ot-17-ijulja-2014-g-9288/) (дата обращения: 26.10.2018).

7. Студенту на заметку: ответы на «чернобыльские» вопросы. Памятка. Мн.: Белорусское отделение Российско-белорусского информационного центра по проблемам последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС М-ва по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь; РНИУП «Институт радиологии», 2015. 26 с.

8. Полевода И., Ильюшонок А. К вопросу о безопасности Белорусской АЭС; <http://ucp.by/university/news/novosti-partnerov/ivan-polevoda-i-aleksandr-ilyushonok-k-voprosu-o-bezopasnosti-belorussoy-aes/> (дата обращения: 04.10.2018).

9. Сухова Т.С. Как повысить результаты в обучении: учителю биологии и природоведения. М.: АО «Столетие», «Мич», 1997. 112 с.

10. Кишкель Е.Н. Управленческая психология. М.: Изд-во «Высшая школа», 2002. 270 с.

11. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012-2016 годы; сост.: Н.Н. Цыбулько, Г.В. Анципов, В.С. Аверин [и др.]. Мн.: Департамент по ликвид. последствий катастрофы на ЧАЭС, РНИУП «Институт радиологии», 2012. 121 с.

References

1. *Organizatsiya ideologicheskoy raboty v organakh i podrazdeleniyakh po chrezvychaynym situatsiyam Respubliki Belarus'* [Organization of ideological work in the agencies and units for emergency situations of Republic of Belarus]. Mn.: RTsSiE MChS, 2011. 124 p.

2. *Shpakovskaya L.I. Bezopasnost' zhiznedeysel'nosti cheloveka* [Safety of human life]. http://media.miu.by/files/store/umk/eumk_bezopasnost_zisnedeysel'nosti_cheloveka_2015.pdf. (data obrashcheniya: 22.12.2015).

3. *Kultura bezopasnosti: doklad Mezhdunarodnoy konsul'tativnoy gruppy po yadernoy bezopasnosti*. Vena: Mezhd. agentstvo po atomnoy energetike, 1991. 39 p.

4. *Uchebno-metodicheskoe posobie po povysheniyu kvalifikatsii rukovoditeley organizatsiy po voprosam GO, zashchity ot ChS, pozharnoy bezopasnosti i bezopasnosti na vodnykh ob'ektakh v UTs FPS*. M.: DGZ «MChS Rossii», ZAO «Spasatel'naya tekhnika», RIK «Galeriya», 2007. 752 p.

5. Saraseko E.G. *Uspekhi sovremennoy nauki i obrazovaniya*, 2017, vol. 2, issue 3, pp. 123–128.

6. Ukaz № 347 ot 17 iyulya 2014 g. «O gosudarstvennoy agrarnoy politike»; http://president.gov.by/ru/official_documents_ru/view/ukaz-347-ot-17-iyulja-2014-g-9288/ (data obrashcheniya: 26.10.2018).

7. *Studentu na zametku: otvety na «chernobyl'skie» voprosy. Pamyatka*. Mn.: Belorusskoe otdelenie Rossiysko-belorusskogo informatsionnogo tsentra po problemam posledstviy katastrofy na Chernobyl'skoy AES M-va po chrezvychaynym situatsiyam Resp. Belarus'; RNIUP «Institut radiologii», 2015. 26 p.

8. Polevoda I., Il'yushonok A. *K voprosu o bezopasnosti Belorusskoy AES* [To the question of the security of the Belarusian nuclear power plant]; <http://ucp.by/university/news/novosti-partnerov/ivan-polevoda-i-aleksandr-ilyushonok-k-voprosu-o-bezopasnosti-belorusskoy-aes/> (data obrashcheniya: 04.10.2018).

9. Sukhova T.S. *Kak povysit' rezul'taty v obuchenii: uchitelyu biologii i prirodovedeniya* [How to improve results in learning: teacher of biology and natural history]. M.: AO «Stoletie», «Mich», 1997. 112 p.

10. Kishkel' E.N. *Upravlencheskaya psikhologiya* [Managerial psychology]. M.: Izd-vo «Vysshaya shkola», 2002. 270 p.

11. *Rekomendatsii po vedeniyu sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva v usloviyakh radioaktivnogo zagryazneniya zemel' Respubliki Belarus' na 2012-2016 gody*; sost.: N.N. Tsybul'ko, G.V. Antsipov, V.S. Averin [i dr.]. Mn.: Departament po likvid. posledstviy katastrofy na ChAES, RNIUP «Institut radiologii», 2012. 121 p.

Сарасеко Елена Григорьевна

Гомельский филиал Университета гражданской защиты МЧС Беларуси

доцент

кандидат биологических наук, доцент

E-mail: elen_saraseko@tut.by

Saraseko Elena Grigor'evna

The Gomel branch of the University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Republic of Belarus, Gomel
associate professor

candidate of biological sciences, senior lecturer

E-mail: elen_saraseko@tut.by

НАУЧНЫЙ ДЕБЮТ (статьи членов научного общества обучающихся)

УДК 614.842.831

РОЛЬ ДОБРОВОЛЬНОЙ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ В СОВРЕМЕННЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

О. В. МИКУШКИН, П. Н. КОНОВАЛЕНКО

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: olegololosh63@gmail.com, firemankpn@mail.ru

На основе анализа нормативно-правовых актов, регулирующих деятельность добровольной пожарной охраны, показана значимость работы по осуществлению тушения пожаров и проведению аварийно-спасательных работ добровольными пожарно-спасательными формированиями в современных социально-экономических условиях.

Ключевые слова: тушение пожаров и проведение аварийно-спасательных работ; добровольная пожарная охрана; добровольные пожарно-спасательные формирования; подготовка добровольных пожарных; Корпус сил добровольной пожарной охраны; посты корпуса сил добровольной пожарно-спасательной службы.

THE ROLE OF THE VOLUNTARY FIREFIGHTING AND RESCUE SERVICE IN THE CURRENT SOCIO-ECONOMIC CONDITIONS

O. V. MIKUSHKIN, P. N. KONOVALENKO

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: olegololosh63@gmail.com, firemankpn@mail.ru

On the basis of the analysis of normative legal acts regulating the activities of voluntary fire protection, the importance of work on the implementation of fire extinguishing and emergency rescue operations by voluntary fire-rescue units in modern socio-economic conditions is shown.

Key words: fire fighting and emergency rescue work; voluntary fire protection and voluntary fire rescue teams; training of volunteer firefighters; the Corps of voluntary fire protection; posts corps forces voluntary firefighting and rescue service.

Опасность для общества последствий чрезвычайных ситуаций обуславливает необходимость участия в их предупреждении и ликвидации как федеральных органов государственной власти и органов государственной власти субъектов Российской Федерации, так и органов местного самоуправления, граждан и организаций. Задачи «прикрытия» населенных пунктов и проживающего в них населения, особенно в сельской местности, решаются за счет создания добровольных пожарно-спасательных формирований.

Добровольные пожарно-спасательные формирования – добровольные пожарные команды и добровольные пожарные дружины – создаются в форме общественных учреждений пожарной охраны, ставящие своей целью участие в профилактике и (или) тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ.

Соответственно на территориях муниципальных образований (территориальные добровольные пожарные команды или территориальные добровольные пожарные дружины) или на предприятиях и в организациях (объектовые добровольные пожарные команды или объектовые добровольные пожарные дружины). Добровольная пожарная команда в отличие от дружины имеет на вооружении пожарный автомобиль и (или) приспособленные технические средства для тушения пожаров. Добровольная пожарная дружина оснащается первичными средствами тушения пожаров, пожарными мотопомпами и не имеет на вооружении пожарных автомобилей и приспособленных для тушения пожаров технических средств.

Добровольные пожарные в обязательном порядке проходят первоначальное и последующее обучение в подразделениях добровольной пожарной охраны по программам профессиональной подготовки и программам повышения квалификации добровольных пожарных с учетом особенностей охраняемых объектов и территорий муниципальных образований. Обучение может проводиться на базе учебных центров Государственной противопожарной службы, на базе образовательных организаций пожарно-технического профиля, а также других организаций осуществляющих образовательную деятельность и имеющих на это лицензию. Программы для обучения добровольных пожарных разрабатываются Главными управлениями МЧС России по субъектам РФ с учетом социально-экономических особенностей регионов и территории муниципального образования.

Деятельность добровольных пожарно-спасательных формирований, их структура, права и обязанности работников и добровольных пожарных определяются Федеральным законом «О добровольной пожарной охране», уставом добровольной пожарной команды или добровольной пожарной дружины (в случае их регистрации в качестве юридического лица) или положением о добровольной пожарной команде или добровольной пожарной дружине (в случае, если регистрация их в качестве юридического лица не осуществлялась).

Эффективность применения добровольцев для предупреждения и ликвидации пожаров связана зачастую со значением временного фактора – сами жители населенных пунктов в силу объективных причин способны быстрее, чем профессиональные формирования, осуществить реагирование на угрозу возникновения пожара и предотвратить его рас-

пространение, что может выступить решающим фактором для предупреждения или ликвидации пожара.

В феврале 2018 года в рамках Всероссийского сбора в Москве руководителями структурных подразделений центрального аппарата МЧС России, начальниками территориальных органов МЧС России и учреждений обсуждались вопросы повышения роли добровольных пожарно-спасательных формирований. «В современных социально-экономических условиях повышается актуальность развития добровольной пожарной охраны, создания из числа добровольцев полноценных пожарных команд и дружин, способных эффективно участвовать в тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ. Добровольные формирования создаются для ликвидации очагов возгорания на первоначальном этапе – до прибытия профессиональных пожарных, патрулирования лесов, очистки пожарных водоемов, а также содействия административным органам муниципальных образований, МЧС России и Всероссийского добровольного пожарного общества в профилактике пожаров» [1].

На сегодняшний день на территории Российской Федерации создано более 40 тысяч добровольных пожарно-спасательных формирований, силами которых в 2017 году самостоятельно потушено более 2 тысяч пожаров.

В состав добровольных пожарных команд к началу 2018 года входило 163 825 человек, а состав добровольных пожарных дружин – 648 912 человек.

В реестр добровольных пожарных по регионам Российской Федерации внесено 938 758 добровольца.

По итогам 2017 года 724 002 добровольца освидетельствованы на предмет пригодности по состоянию здоровья.

В пожарно-спасательных частях, отрядах, учебных пунктах, центрах ФПС ГПС проведено обучение 895 812 добровольцев.

В 7 754 подразделениях пожарной охраны организовано круглосуточное дежурство добровольных пожарных, на суточном дежурстве находится 54 933 добровольца [1].

Работа, проводимая по развитию добровольной пожарной охраны в Российской Федерации, показала конкретные положительные результаты – подразделениями добровольной пожарной охраны самостоятельно ликвидировано свыше 12% пожаров от общего количества, зарегистрированных на территории страны [1].

В современных социально-экономических условиях роль добровольных пожарно-спасательных формирований неуклонно повышается. Одним из ключевых факторов успеха является развитие связей и взаимодействия с другими видами пожарной охраны, в первую очередь, с федеральной противопожарной службой Государственной противопожарной службы.

В марте 2017 года подписано соглашение о сотрудничестве между МЧС России и Всероссийским добровольным пожарным обществом, позволяющее консолидировать усилия государства и общества в решении вопросов пожарной безопасности, а также развивать механизмы их взаимодействия[9].

В целях дальнейшего совершенствования деятельности добровольной пожарной охраны и качественного повышения уровня защищенности населения и объектов экономики от пожаров МЧС России сформирован Корпус сил добровольной пожарной охраны.

Корпус сил ДПО – это новая форма организации совместного дежурства добровольных пожарных и личного состава федеральной противопожарной службы в составе пожарных команд, под которыми подразумеваются пожарно-спасательные посты, включающие в себя силы и средства федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы и добровольной пожарной охраны, объединяющиеся в Корпус сил добровольной пожарной охраны.

«Положение об организации деятельности подразделений Корпуса сил добровольной пожарной охраны» определяет порядок организации и осуществления деятельности пожарно-спасательных подразделений федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы (далее – ФПС ГПС) при взаимодействии с общественными объединениями пожарной охраны (далее – ДПО) в составе поста корпуса сил добровольной пожарно-спасательной службы (далее – пост корпуса сил) .

Посты корпуса сил создаются путем осуществления совместной деятельности ФПС ГПС и ДПО по обеспечению пожарной безопасности поселений на основании соглашений (договоров), заключаемых сторонами на принципах взаимности и на безвозмездной основе в соответствии с законодательством Российской Федерации, в которых отражаются следующие положения:

- предмет соглашения;
- права и обязанности сторон, взаимная ответственность;

– порядок взаимодействия, материально-технического обеспечения, взаимного информирования и согласования проводимых мероприятий;

– прочие условия, по усмотрению и договоренности сторон.

Посты корпуса сил являются составной частью сил и средств местного пожарно-спасательного гарнизона и включаются в расписание выезда подразделений местного гарнизона для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ.

Посты корпуса сил формируются в виде отдельных пожарно-спасательных постов в составе учреждений и организаций ФПС ГПС путем совместного несения караульной службы личным составом ФПС ГПС и ДПО.

Личный состав поста корпуса сил включает в себя:

– личный состав ФПС ГПС, стоящий на штатных должностях отдельного пожарно-спасательного поста ФПС ГПС в соответствии со штатным расписанием;

– добровольных пожарных, являющихся членами (участниками) ДПО.

Прямым начальником личного состава поста корпуса сил по вопросам организации и несения службы является начальник поста корпуса сил. Начальник поста корпуса сил назначается, из числа работников (сотрудников) ФПС ГПС [2].

В 2017 году уже были созданы 134 подразделения Корпуса сил, где 163 добровольца несут службу на специальном посту.

Подразделениями Корпуса сил в 2017 году было ликвидировано 190 пожаров, 428 загораний, спасено 16 человек, проведено более 260 аварийно-спасательных работ [1].

В настоящий момент планируется поэтапное создание 300 подразделений Корпуса сил на территории всех субъектов РФ.

Имущественное обеспечение подразделений Корпуса сил, в значительной степени, возлагается на субъект, личный состав для поста Корпуса сил предоставляется добровольной пожарной охраной субъекта, главное управление МЧС России субъекта предоставляет, в свою очередь, штатную единицу – руководителя отдельного поста Корпуса сил, и берет на себя создание и организацию работы поста [1].

Данная модель организации несения дежурства позволяет эффективно управлять силами добровольных пожарно-спасательных формирований, обеспечивает грамотное руководство тушением пожаров и проведением аварийно-спасательных работ, а также повы-

шает качество проведения профилактических мероприятий.

По завершению всех этапов создания подразделений Корпуса сил будет значительно сокращено время реагирования на пожары и чрезвычайные ситуации, а следовательно будут сокращены гибель и травмирование людей, а также материальный ущерб от пожаров.

Таким образом, реализация стратегии развития добровольной пожарной охраны по-

вышает уровень обеспечения пожарной безопасности населенных пунктов и, в целом, уровень культуры безопасного поведения, раскрывая при этом потенциал и подчеркивая важность роли добровольных пожарно-спасательных формирований в современных социально-экономических условиях.

Список литературы

1. Всероссийский сбор руководителей территориальных органов МЧС России и сотрудников центрального аппарата МЧС России по вопросам добровольной пожарно-спасательной службы и аттестации аварийно-спасательных служб и граждан. URL: <http://www.mchs.gov.ru/dop/info/smi/news/item/33511671/> (дата обращения: 24.12.2018).

2. Дешевых Ю.И. В таком подходе заинтересованы и государство, и общество // Пожарное дело. 2010. №5. С. 20–22.

2. Дешевых Ю.И. Необходимо защитить каждый объект // Пожарное дело. 2010. №8 С. 10–12.

3. Добровольные пожарные дружины: Перспективы развития // Точка опоры. 2010. № 14. С. 6–7. Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/420115/>.

4. Развитие добровольной пожарной охраны. http://www.fire.mchs.gov.ru/online_conference/list.php?SECTION_ID=516 (дата обращения: 20.12.2018).

5. Соглашение о сотрудничестве между МЧС России и ВДПО от 22.03.2017 №2-4-38-3/1/01/134.

6. Организация службы и подготовки в пожарно-спасательных подразделениях: учебник / В.В. Теребнев [и др.]. М.: КУРС, 2017. 256 с.

Микушкин Олег Владимирович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Российская Федерация, г. Иваново курсант

E-mail: olegololosh63@gmail.com

Mikushkin Oleg Vladimirovich

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 student

E-mail: olegololosh63@gmail.com

References

1. *All-Russian collection of heads of territorial bodies of the Russian emergencies Ministry and employees of the Central office of the Russian emergencies Ministry on the voluntary fire and rescue service and certification of emergency services and citizens*. URL: <http://www.mchs.gov.ru/dop/info/smi/news/item/33511671/> (accessed: 24.12.2018).

2. Deschevich Yu. I. *Fire business*, 2010, vol. 5, pp. 20–22.

3. Deschevich Yu. *Fire business*, 2010, vol. 8, pp. 10–12.

4. Voluntary fire brigades: Prospects for development [Voluntary firemen: prospects of development]. *Journal fulcrum*, 2010, vol. 14, pp. 6–7. <https://rucont.ru/efd/420115/>

8. *Development of voluntary fire protection* [The development of a voluntary fire brigade]. http://www.fire.mchs.gov.ru/online_conference/list.php?SECTION_ID=516 (date accessed: 20.12.2018).

9. A cooperation agreement between the Ministry and the VDPO from 22.03.2017 №2-4-38-3/1/01/134.

10. *Organization of service and training in fire and rescue units* [Organization and training in fire rescue units] / V. V. Terebnev [et. al.]. Moscow: RATE, 2017. 256 p.

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (12) – 2019

Коноваленко Петр Никифорович

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат педагогических наук, доцент

E-mail: firemankpn@mail.ru

Konovalenko Petr Nikiforovich

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

candidate of pedagogical Sciences, docent

E-mail: firemankpn@mail.ru

УДК 614.841.22

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ХИМИЧЕСКОГО САМОВОЗГОРАНИЯ КАК ПРИЧИНЫ ПОЖАРА

Ю. А. ФИЛАТОВА, Т. А. МОЧАЛОВА

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: uka_998@mail.ru, mihailmochalov@mail.ru

Работа посвящена исследованию по установлению причастности процессов химического самовозгорания к причинам пожара расчетным путем.

В настоящей работе определяется пожарная опасность веществ и их смесей путем расчета энергии Гиббса некоторых реакций, которая является мерой реакционной способности реагирующих веществ, в целях решения задач пожарно-технической экспертизы. Реакции между веществами, сопровождающиеся большой потерей энергии Гиббса, протекают самопроизвольно, иногда могут приобретать взрывной характер. Энергию Гиббса, как термодинамический параметр, можно вычислить для десятка тысяч реакций, в том числе предполагаемых и не изученных экспериментально.

Решены четыре экспертные задачи по определению возможности возникновения в результате химического самовозгорания: от разложения твердого окислителя - перманганата калия ($KMnO_4$) при нагревании; при контакте негорючего окислителя хромового ангидрида (триоксида хрома (VI)) с горючей жидкостью 2-пропаном (ацетоном); при контакте этиленгликоля с пероксидом водорода, при взаимодействии концентрированной азотной кислоты с угольной пылью.

Показано, что расчетное значение энергии Гиббса при взаимодействии веществ, можно использовать для установлении причины пожара вследствие химического самовозгорания.

Ключевые слова: пожарно-техническая экспертиза; пожар; причины пожара; химическое самовозгорание; энергия Гиббса при взаимодействии веществ.

RESEARCH ON CHEMICAL SELF-IGNITION PROCESS AS CAUSES OF FIRE

Yu. A. FILATOVA, T. A. MOCHALOVA

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: uka_998@mail.ru, mihailmochalov@mail.ru

The work is devoted to research on the establishment of the involvement of chemical spontaneous combustion processes to the cause of fire by calculation.

This paper identifies the fire hazard of substances and their mixtures by calculating Gibbs energy, which is a measure of the reactivity of the reacting substances, in order to solve the problems of fire-technical expertise. Reactions between substances, accompanied by a large loss of Gibbs energy, proceed spontaneously and sometimes they can become explosive in nature. The Gibbs energy, as a thermodynamic parameter, can be calculated for tens of thousands of reactions, including those supposed and not studied experimentally.

Four expert problems have been solved to determine the possibility of a fire due to chemical spontaneous combustion: from the decomposition of a solid oxidizer - potassium permanganate ($KMnO_4$) when heated; when a non-flammable oxidant of chromic anhydride (chromium trioxide (VI)) comes into contact with a flammable liquid 2-propanone (acetone); on contact of ethylene glycol with hydrogen peroxide; in the interaction of concentrated nitric acid with coal dust.

It is shown that the calculated value of the Gibbs energy can be used to determine the cause of a fire due to chemical spontaneous combustion.

Key words: fire and technical expertise; fire; causes of fire; chemical spontaneous combustion; Gibbs energy.

Среди причины пожаров традиционно выделяют самовозгорание веществ и материалов. Так, согласно статистическим данным в 2017 году от самовозгорания веществ и материалов произошло 473 пожара, ущерб от которых составил 155156 тыс. рублей [1]. От пожаров по причине самовозгорания страдает имущество различных собственников, в том числе и застрахованное, что вызывает в дальнейшем судебные споры по поводу возмещения причинённого пожаром вреда. Основой исковых заявлений является твердо установленная причина пожара как страховой (либо не страховой) случай. В ходе предварительного расследования и последующем судебном разбирательстве конкретные детали процесса самовозгорания и пожара часто становятся предметом дискуссий. Установление причины пожара вследствие химического самовозгорания требует высокой квалификации и проводится, как правило, экспертами судебно-экспертных учреждений. Неудачи экспертизы в таких случаях связаны с недостаточной компетентностью лица, назначенного экспертом, или тем, что в материалах по делу не в полном объеме отражены исходные данные и не приобщены вещественные доказательства, необходимые для проведения экспертного исследования. Поэтому следователям и дознавателям, ведущим дела о пожарах, пожарно-техническим экспертам, важно знать условия, необходимые для возникновения и развития процессов самовозгорания, их механизм, особенности осмотра места происшествия, исследования версий и методику установления причастности процессов самовозгорания к причинам пожара.

Однако, в настоящее время, отсутствуют подробные исследования указанных проблем

В этой связи исследование процессов химического самовозгорания как причины пожара и разработки рекомендаций по объективному выдвиганию и доказыванию этой версии является актуальным.

Цель работы заключается в расчете изменения энергии Гиббса некоторых реакций для оценки возможности возникновения самовозгорания.

В случае нарушения правил совместного хранения веществ и материалов возможно образование смесей горючих веществ и окислителей, способных к экзотермическим реакциям. В работе [2] пожарную опасность ве-

ществ и их смесей предлагается определять по изменению энергии Гиббса взаимодействия веществ. (ΔG°), которая является мерой реакционной способности реагирующих веществ. Реакции между веществами, сопровождающиеся большой потерей энергии Гиббса, протекают самопроизвольно, иногда могут приобретать взрывной характер.

В случае, если изменение энергии Гиббса в ходе химической реакции положительно, то такие реакции не способны к самопроизвольному протеканию.

В работе [2] установлено, что величина ΔG° , определяющая возможность протекания химической реакции, ориентировочно составляет 41,8 кДж/моль. Если $\Delta G^\circ < -41,8$ кДж/моль, то реакция возможна как в стандартных, так и в нестандартных условиях.

При $\Delta G^\circ = 0 \dots 41,8$ кДж/моль вещества считаются пожароопасными, несмотря на то, что эти свойства у них появляются в условиях, отличных от стандартных, например, при сильном нагреве во время пожара. Если $\Delta G^\circ > 41,8$ кДж/моль, то процесс невозможен как в стандартных, так и в иных реальных условиях [2].

Изменение стандартной энергии Гиббса при реакции равно разности между суммой стандартных энергий Гиббса образования продуктов реакции и суммой стандартных энергий Гиббса образования исходных веществ:

$$\Delta G^\circ = \sum(\Delta G^\circ_{f})_{\text{прод}} - \sum(\Delta G^\circ_{f})_{\text{исх}}, \quad (1)$$

где $(\Delta G^\circ_{f})_{\text{прод}}$ – энергии Гиббса образования продуктов реакции при стандартных условиях с учетом стехиометрических коэффициентов, кДж/моль;

$\sum(\Delta G^\circ_{f})_{\text{исх}}$ – энергии Гиббса образования исходных веществ при стандартных условиях с учетом стехиометрических коэффициентов, кДж/моль.

В работе [2] критерием самопроизвольного процесса в нестандартных условиях принимается $\Delta G^\circ \ll 0$, тогда при расчетах можно пользоваться значениями стандартной энергии Гиббса взаимодействия веществ. Критерием невозможности процесса принимается неравенство $\Delta G^\circ \gg 0$.

Авторы [2] обращают внимание на то, что если в ходе расчета для реакции получено $\Delta G^\circ < 0$ (самопроизвольный процесс), но на пути ее осуществления имеются препятствия,

например большая энергия активации, высокая вязкость веществ, недостаточная степень измельчения твердых веществ, то в результате наблюдается кажущаяся инертность веществ. Для ее преодоления необходим импульс, например, нагревание, удар, введение катализатора и т.п., после которого возможен самопроизвольный процесс. Так, при температуре 293K водород не взаимодействует с кислородом воздуха. Если в смесь водорода и атмосферного воздуха внести накалившую частичку металла, то последует взрыв как результат самопроизвольного процесса.

Возможность применения расчета изменения энергии Гиббса при взаимодействии веществ для определения вероятности химического самовозгорания можно подтвердить следующими примерами.

Экспертная задача 1. Определение пожарной опасности разложения перманганата калия ($KMnO_4$) при нагревании.

Разложение вещества идет по схеме:



Стандартные энергии Гиббса образования веществ находим по таблице и подставляем в формулу (1).

Необходимые для расчета по формуле (1) стандартные энергии Гиббса образования веществ, заимствованные из работы [4] приведены в таблице.

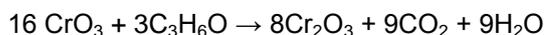
На 1 моль перманганата калия, являющегося окислителем, изменение энергии Гиббса при реакции разложения равно $-176,9 / 2 = -88,4$ кДж/моль. Эта величина меньше $-41,8$ кДж/моль, следовательно, процесс разложения перманганата калия может идти самопроизвольно. Однако по опыту известно, что разложения окислителя при стандартных условиях не происходит. При этих условиях окислитель обладает недостаточным запасом энергии, необходимой для разложения. Несмотря на это, перманганат калия следует считать пожароопасным веществом, так как при температуре 513 К процесс разложения становится самопроизвольным и активным, с выделением большого количества кислорода. Это представляет пожарную опасность и может быть причиной пожара [3].

$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ_f (K_2MnO_4) + \Delta G^\circ_f (MnO_2) - \Delta G^\circ_f (KMnO_4) = -1169,2 - 466 + 2 \cdot 729,6 = -176,9 \text{ кДж}$$

Таблица. Стандартные значения энергии Гиббса образования ΔG°_f веществ [4]

№ п/п	Наименование вещества/агрегатное состояние	Химическая формула	ΔG°_f , кДж/моль
1	Оксид хрома (III) (тв)	Cr_2O_3	-1059,7
2	Перманганат калия(тв)	$KMnO_4$	-729,6
3	Оксоманганат (VI) калия (тв)	K_2MnO_4	-1169,2
4	Диоксид марганца (тв)	MnO_2	-466
5	2-пропан (ж)	C_3H_8O	-155,5
6	Диоксид углерода (г)	CO_2	-394,6
7	Вода (г)	H_2O	-228,1
8	Триоксид хрома (VI) (тв)	CrO_3	-513,8
9	Этиленгликоль (ж)	$C_2H_6O_2$	-454,5
10	Пероксид водорода (ж)	H_2O_2	-120,4
11	Диоксид азота (г)	NO_2	+51,84
12	Азотная кислота (ж)	HNO_3	-80,8

Экспертная задача 2. Определение пожарной опасности контакта негорючего окислителя триоксида хрома (VI) с горючей жидкостью 2-пропанолом. Реакция между этими веществами протекает по уравнению:

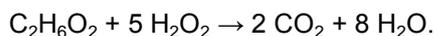


Стандартные значения энергии Гиббса образования веществ из таблицы подставляем в формулу (1)

$$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ_f (Cr_2O_3) + \Delta G^\circ_f (CO_2) + \Delta G^\circ_f (H_2O) - \Delta G^\circ_f (CrO_3) - \Delta G^\circ_f (C_3H_8O) = -8 \cdot 1057,9 - 9 \cdot 394,6 - 9 \cdot 228,1 + 16 \cdot 513,8 + 3 \cdot 155,5 = -5463 \text{ кДж}$$

На 1 моль смеси $\Delta G^\circ = -5463 / 19 = -287,5$ кДж/моль, т.е. $\Delta G^\circ < 0$. Таким образом, возможна самопроизвольная реакция при стандартных условиях. Эксперимент также показывает, что при контакте триоксида хрома (VI) с 2-пропанолом происходит самовозгорание. Следовательно, контакт данных веществ представляет реальную пожарную опасность.

Экспертная задача 3. Определение пожарной опасности смеси этиленгликоля с пероксидом водорода. Реакция между этими веществами протекает по уравнению:



Стандартные значения энергии Гиббса образования исходных веществ и продуктов реакции приведены в таблице. Согласно уравнению (1) имеем:

$$\Delta G^0 = 2\Delta G^0_f(\text{CO}_2) + 8\Delta G^0_f(\text{H}_2\text{O}) - \Delta G^0_f(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2) - 5\Delta G^0_f(\text{H}_2\text{O}_2) = -2 \cdot 394,6 - 8 \cdot 228,1 + 454,5 + 5 \cdot 120,4 = -1457,5 \text{ кДж}.$$

На 1 моль конденсированной смеси $\Delta G^0 = -1457,5/6 = -242,9$ кДж/моль. Следовательно, реакция может протекать активно и закончиться самовозгоранием этиленгликоля, что может явиться причиной пожара.

Экспертная задача 4. Определение пожарной опасности смеси концентрированной

азотной кислоты и угольной пыли. Реакция между этими веществами протекает по схеме:



По таблице определяем стандартные значения энергии Гиббса образования исходных веществ и продуктов реакции. Подставив данные в уравнение (1) получаем:

$$\Delta G^0 = 4\Delta G^0_f(\text{NO}_2) + 2\Delta G^0_f(\text{CO}_2) + 2\Delta G^0_f(\text{H}_2\text{O}) - 4\Delta G^0_f(\text{HNO}_3) = 4 \cdot 51,84 - 394,6 - 2 \cdot 228,1 + 4 \cdot 80,8 = -320,24 \text{ кДж}$$

На 1 моль смеси $\Delta G^0 = -320,24/5 = -64,05$ кДж/моль. Следовательно, реакция может закончиться самовозгоранием угля, которое приведет к пожару.

Таким образом, в результате выполнения работы показана возможность применения расчета изменения энергии Гиббса для решения задач пожарно-технической экспертизы.

Список литературы

- 1) www.mchs.gov.ru
- 2) Саушев В.С. Пожарная безопасность хранения химических веществ. М.: Стройиздат, 1982. 128 с.
- 3) Таубкин С.И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы. М.: ВНИИПО, 1999. 600 с.
- 4) Карапетьянц М. Х., Карапетьянц М. Л. Основные термодинамические константы неорганических и органических веществ. М.: Химия. 1968. 472 с.

References

- 1) www.mchs.gov.ru
- 2) Saushev V.S. *Pozharnaya bezopasnost' khraneniya khimicheskikh veshchestv* [Fire safety of storage of chemicals]. Moscow: Stroyizdat, 1982. 128 p.
- 3) Taubkin S.I. *Pozhar i vzryv, osobennosti ikh ekspertizy* [Fire and explosion, especially their expertise]. Moscow: VNIIPPO, 1999. 600 p.
- 4) Karapet'yants M. X., Karapet'yants M. L. *Osnovnyye termodinamicheskiye konstanty neorganicheskikh i organicheskikh veshchestv* [The main thermodynamic constants of inorganic and organic substances]. Moscow: Khimiya. 1968. 472 p.

Филатова Юлия Алексеевна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
студент

E-mail: uka_998@mail.ru

Filatova Julia Alekseevna

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
student

E-mail: uka_998@mail.ru

Мочалова Татьяна Александровна

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат биологических наук, заместитель начальника кафедры

E-mail: mihailmochalov@mail.ru

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (12) – 2019

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

candidate of biological sciences, deputy head of the department

E-mail: mihailmochalov@mail.ru