

№ 3 (6) – 2017

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

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

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

Состав редакции:

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

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

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

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

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

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

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

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

© Пожарная и аварийная безопасность, 2017

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

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

№ 3 (6) – 2017

№ 3 (6) – 2017

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

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

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

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

Editorial Council:

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

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

Editorial board:

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

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

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

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

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

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

© Fire and Emergency Safety, 2017

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

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

№ 3 (6) – 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ

- Батов Д. В., Мочалова Т. А., Сторонкина О. Е.* Новый метод расчета температуры вспышки смешанных растворителей 6
- Гессе Ж. Ф., Фролова Т. В.* Оценка состояния метрологического обеспечения и возможностей использования ультразвукового метода исследования ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Ивановской области..... 16
- Карасев Е. В., Таратанов Н. А.* Моделирование пожара, произошедшего 6 сентября 2016 года в здании НК «Таганка» 27

ПОЖАРОТУШЕНИЕ

- Годлевский В. А., Колбашов М. А., Моисеев Ю. Н.* Адсорбционная модель смазочного действия трибоактивных присадок к смазочным материалам для узлов трения пожарной и аварийно-спасательной техники 39
- Топоров А. В., Киселев В. В., Пучков П. В.* Выбор наиболее рациональной конструкции магнитной системы комбинированного магнитожидкостного уплотнения..... 48

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ И ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

- Гришина Е. П., Кудрякова Н. О., Предеин А. Н., Беляев С. В., Чеснокова Л. Н.* Исследование коррозионной активности пенообразователей в пожарной технике 66
- Есина М. Г., Хонгорова О. В.* Использование временных рядов в прогнозировании ... 76

ГУМАНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГПС МЧС РОССИИ

- Кропотова Н. А., Легкова И. А., Киселев В. В.* Адаптивная модель формирования кадрового состава ГПС МЧС России 86
- Куражова И. В., Орлова Е. В.* Особенности подготовки сотрудников ведомственных вузов ГПС МЧС России к взаимодействию на иностранном языке в рамках международных мероприятий 103

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

№ 3 (6) – 2017

УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Закинчак А. И., Братушев А. А., Двинских А. А. Адаптация элементов проектного управления в деятельности аварийно-спасательных служб 111

Ковязин Н. Ю., Горинова С. В. Анализ проблем формирования практических компетенций обучающихся и адаптации их к трудовой деятельности 123

НАУЧНЫЙ ДЕБЮТ (статьи членов научного общества обучающихся)

Степанов Е. В., Бубнов В. Б. Исследование условий синтеза полиакриламида и его использование в системах водяного пожаротушения 133

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ

УДК 544.355 – 122: 532.00

Батов Дмитрий Вячеславович

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

[http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid= 5730-0728](http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=5730-0728)

Мочалова Татьяна Александровна

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

Сторонкина Ольга Евгеньевна

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

Новый метод расчета температуры вспышки смешанных растворителей

Аннотация. Проведено экспериментальное определение плотности смесей деканол-1 - н-декан - метилизобутилкетон и расчет объемных свойств. Изменения избыточного объема смеси с отрицательного на положительный при увеличении количества кетона в смеси указывают на сложный характер межмолекулярных взаимодействий в тройной смеси и не позволяют однозначно определить отклонение от закона Рауля.

Определены температуры вспышки тройной (деканол-1 – н-декан – метилизобутилкетон) смеси горючих жидкостей экспериментальным и расчетным методом. Показано, что минимума на зависимости температуры вспышки от состава смеси не наблюдается. Температура вспышки смеси, содержащей до 0.5 – 0.6 мольных долей низкокипящего компонента близка к его температуре вспышки.

Данные, полученные при расчетах по известным ранее методикам, сильно отличаются от экспериментальных значений. Такое отклонение может быть вызвано тем, что данные методики разработаны для смесей, состоящих из двух компонентов, а исследуемые нами смеси являются тройными.

Предложена новая методика расчета температуры вспышки смесей жидкостей, основанная на интерполяции констант уравнения Антуана для компонентов смеси по координате объемной доли компонента в паровой фазе. Расчет по этой методике имеет самые низкие отклонения от экспериментальных данных среди всех расчетных методов, использованных в работе. Однако это не доказывает возможность применения данной методики для расчета температуры вспышки других смешанных органических растворителей, ввиду недостаточности проведенных исследований.

Ключевые слова: температура вспышки, тройная смесь, межмолекулярные взаимодействия, уравнение Антуана, смешанные растворители, избыточный объем смеси, расчетные методики.

Анализ литературных данных [1, 2] по температурам вспышки смешанных растворителей показал, что для неидеальных растворов на зависимостях температуры вспышки от состава могут существовать минимумы и максимумы. В точке минимума температура вспышки может быть на несколько градусов ниже точки вспышки легколетучего компонента. Как справедливо замечено в работе [3], такая ситуация увеличивает риск взрыва. Примерами таких смесей являются системы с положительным отклонением от закона Рауля [4, 5, 6]. Максимум на зависимости точки вспышки связан с отрицательным отклонением от закона Рауля равновесия жидкость-пар, что связано с понижением риска взрыва. Экспериментальных данных, иллюстрирующих указанные закономерности, известно мало. Поэтому в настоящей работе измерены температуры вспышки смесей состава: деканол-1–н-декан–метилизобутилкетон.

Многообразие смешанных растворителей требует для их изучения больших трудовых и материальных затрат. Наиболее целесообразным путем изучения свойств смесей является создание надежных расчетных методик.

Поэтому актуальность темы работы заключается, во-первых, в экспериментальном подтверждении существования максимумов и минимумов на зависимостях температуры вспышки смесей от их состава; во-вторых, необходимости разработки высокоточных расчетных методик для прогнозирования температуры вспышки смешанных растворителей, свойства которых отличаются от свойств идеальных растворов.

Практическая значимость работы заключается в пополнение банков данных по свойствам, характеризующим пожаровзрывоопасность веществ и материалов, а также разработке метода расчета температуры вспышки смесей жидкостей.

В работе измерены температуры вспышки тройных (деканол-1 – н-декан-метилизобутилкетон) смесей горючих жидкостей. Для их приготовления использовали следующие вещества:

- н-декан квалификации «хч» без дополнительной очистки;
- деканол-1 квалификации «хч» без дополнительной очистки;
- метилизобутилкетон квалификации «хч» без дополнительной очистки.

Приготовление смесей проводили весовым методом.

Для измерения температуры вспышки использовали автоматический регистратор температуры вспышки «ВСПЫШКА-А». За температуру вспышки смеси принимали среднее значение 3 измерений. Расхождение экспериментальных результатов не превышало ± 1 °С. Измеренные температуры вспышки компонентов смесей хорошо согласуются со справочными величинами 110 °С для деканола-1 и 47 °С для н-декана [7].

В литературе отсутствуют тепловые и объемные свойства исследованных нами смесей. Поэтому для характеристики межмолекулярных взаимодействий в исследованных смесях (возможных отклонений от закона Рауля) были измерены их плотности и рассчитаны мольные и избыточные мольные объемы. Для измерения плотности смесей использовали измеритель плотности жидкостей вибрационный «ВИП-2МР». Предел допустимой абсолютной погрешности измерений плотности не превышал ± 0.0001 г/см³. Калибровка прибора осуществлялась по сухому воздуху с учетом атмосферного давления, а также по свежеперегнанной бидистиллированной воде при 25 °С. Измеренные плотности компонентов смешанных растворителей хорошо согласуются с данными работ для деканола-1 (0.823 г/см³), для н-декана (0.7266 г/см³) и для метилизобутилкетона (0.8 г/см³).

Используя данные плотности, были рассчитаны мольные (1) и избыточные мольные (2) объемы растворов:

$$V = \frac{X_1 M_1 + X_2 M_2}{\rho}; \quad (1)$$

$$V^E = V - X_1 M_1 - X_2 M_2, \quad (2)$$

где X – мольная доля, M – мольная масса; V – мольный объем; V^E – избыточный мольный объем.

Подстрочный индекс 1 обозначает смесь деканол-1–н-декан, и 2 обозначает метилизобутилкетон. Величины без подстрочных индексов относятся к смеси.

Результаты расчета приведены в таблице.

*Таблица. Объемные свойства смесей
деканол-1 (1) - н-декан (2) – метилизобутилкетон (3) при 298.15 К*

X_1	X_2	X_3	$V^E, \text{см}^3/\text{моль}$
1	0	0	0.00
0	1	0	0.00
0	0	1	0.00
0.25	0.25	0.50	0.16
0.30	0.30	0.40	0.11
0.35	0.35	0.30	-0.04
0.40	0.40	0.20	-0.05
0.45	0.45	0.10	-0.26
0.50	0.50	0.00	-0.41

Избыточный объем смеси деканол-1–н-декан–метилизобутилкетон имеет отрицательные значения при малом (до 0.3 м.д.) содержании метилизобутилкетона. При дальнейшем увеличении концентрации кетона в смеси ее избыточный мольный объем становится положительным. Такое поведение объемных свойств указывает на сложный характер межмолекулярных взаимодействий в тройной смеси и не позволяет однозначно определить отклонение от закона Рауля.

Для расчета температуры вспышки тройной смеси деканол-1 – н-декан – метилизобутилкетон были апробированы известные методики.

Для бинарной смеси формула [8, 9] записывается следующим образом:

$$\sum_i^k x_i \exp \left[\frac{\Delta H_{исп,i}}{R(t_{всп,i} + 273)} - \frac{\Delta H_{исп,i}}{R(t_{всп,см} + 273)} \right] = 1. \quad (3)$$

Здесь $\Delta_{исп} H_i^T$ ($\Delta_{исп} H_1^T$, $\Delta_{исп} H_2^T$) – энтальпия испарения i -компонента при заданной температуре, $t_{всп,i}$ ($t_{всп,1}$, $t_{всп,2}$) и $t_{всп,см}$ – температуры вспышки i -компонента и смеси.

В учебнике для расчета температуры жидких смесей рекомендуются два простых и надежных метода [10]. Один из них описан выше (формула (3)), другой заключается в использовании формулы (4). По мнению авторов, эта формула может использоваться для смесей нефтепродуктов и других органических жидкостей:

$$t_{Bcn} = \frac{\omega_{вк} t_{вк} + \omega_{нк} t_{нк} - f(t_{вк} - t_{нк})}{100} . \quad (4)$$

Здесь $\omega_{вк}$ и $t_{вк}$, $\omega_{нк}$ и $t_{нк}$ – массовый процент и температура вспышки, соответственно, высококипящего и низкокипящего компонента смеси, f – коэффициент, зависящий от состава смеси.

Определение температуры вспышки по методу из работы [1] заключается в определении температуры, при которой выполняется условие (5):

$$P_{см}^T = P_{всп,см} . \quad (5)$$

Здесь $P_{см}^T$ – давление насыщенного пара при температуре T , которое для бинарной смеси рассчитывается по формуле (6);

$P_{всп,см}$ – парциальное давление насыщенного пара смеси при температуре вспышки, которое рассчитывается по формуле (7).

$$P_{см}^T = \sum_{i=1}^k (X_i P_i^T) = X_1 P_1^T + X_2 P_2^T , \quad (6)$$

где X_i (X_1 , X_2) – мольная доля компонента i в жидкости. P_i^T – давление насыщенного пара i -компонента, рассчитанное по формуле Антуана.

$$P_{всп,см} = \frac{\phi_{н,см} P_0}{100} . \quad (7)$$

Здесь $\phi_{н,см}$ – нижний концентрационный предел для смеси.

В формулах (3) и (4) используются данные по температуре вспышки компонентов смеси. В основу формулы (5) положены данные о нижнем концентрационном пределе распространения пламени и уравнение Антуана для расчета давления насыщенного пара жидкостей.

Проведенные расчеты температуры вспышки исследованной смеси по формулам (3), (4) и (5) показали, что указанные методы расчета плохо описывают экспериментальные данные. Как видно из рисунка, отклонения расчетных величин от экспериментальных составляют 10–15 градусов и достигают 40 градусов.

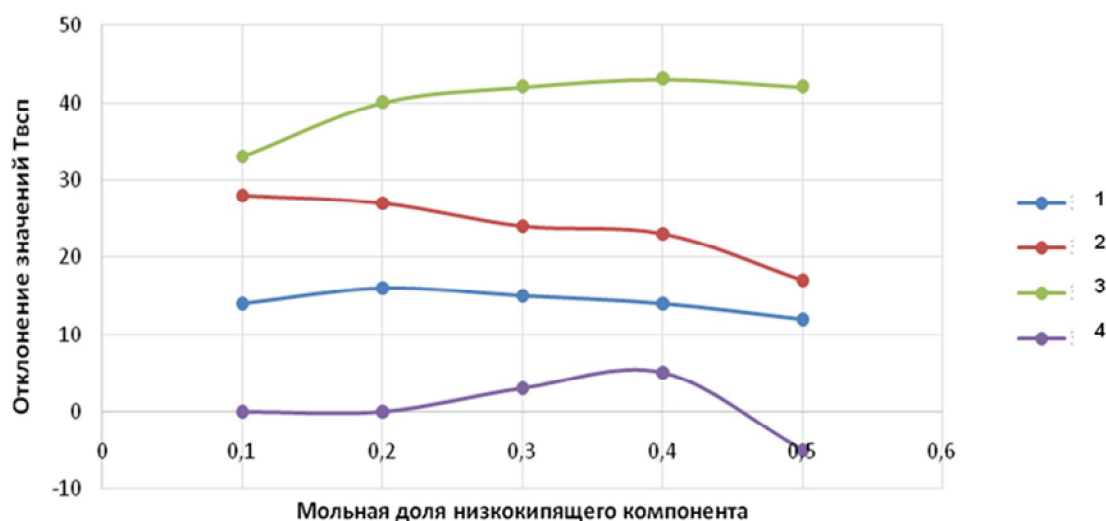


Рис. Отклонения расчетных значений $T_{всп}$ смеси от экспериментальных данных

Поэтому нами была предложена новая методика, основанная на интерполяции констант уравнения Антуана для компонентов смеси по координате объемной доли компонента в паровой фазе:

$$t_{H(B)} = \frac{B}{A - \lg P_{H(B)}} - C, \quad (8)$$

где $t_{H(B)}$ – нижний (верхний) температурные пределы распространения пламени; $P_{H(B)}$ – давление насыщенного пара на нижнем (верхнем) температурном пределе распространения пламени, мм рт.ст.; A , B , C – константы.

$$P_H = \frac{P\varphi_H}{100}; \quad (9)$$

$$\varphi_i = \frac{X_i P_i^{t_{n, \text{нк}}}}{\sum_{i=1}^n X_i P_i^{t_{n, \text{нк}}}}; \quad (10)$$

$$A = \varphi_i A_i; \quad (11)$$

$$B = \varphi_i B_i; \quad (12)$$

$$C = \varphi_i C_i. \quad (13)$$

Полученные экспериментальные результаты по расчету объемных свойств свидетельствуют, что в исследованной системе деканол-1 - н-декан - метилизобутилкетон изменения избыточного объема смеси с отрицательного на положительный при увеличении количества кетона в смеси указывает на сложный характер межмолекулярных взаимодействий в тройной смеси и не позволяет однозначно определить отклонение от закона Рауля.

Определены температуры вспышки тройной (деканол-1 – н-декан – метилизобутилкетон) смеси горючих жидкостей экспериментальным и расчетным методом. Показано, что минимума на зависимости температуры вспышки от состава смеси не наблюдается. Температура вспышки смеси, содержащей до 0.5 – 0.6 мольных долей низкокипящего компонента близка к его температуре вспышки.

Данные, полученные при расчетах по известным ранее методикам, сильно отличаются от экспериментальных значений. Такое отклонение может быть вызвано тем, что данные методики разработаны для смесей, состоящих из двух компонентов, а исследуемые нами смеси являются тройными.

Предложена новая методика расчета температуры вспышки смесей жидкостей, основанная на интерполяции констант уравнения Антуана для компонентов смеси по координате объемной доли компонента в паровой фазе. Расчет по этой методике имеет самые низкие отклонения от экспериментальных данных среди всех расчетных методов, использованных в работе. Применение данной методики для расчета температуры вспышки других смешанных органических растворителей требует проведения дополнительных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Liaw H. J., Lee Y. H., Tang C. L.* A mathematical model for predicting the flash point of binary solutions // *J. Loss Prev. Proc. Ind.* 2002. Vol. 15. № 6. P. 429–438.

2. *Liaw H.-J., Chiu Y.-Y.* The prediction of the flash point for binary aqueous-organic solutions // *J. Hazard Mater.* 2003. № 101. P. 83–106.
3. *Есина З. Н., Корчуганова М. Р., Мурашкин В. В.* Прогнозирование температуры вспышки бинарных жидких смесей // Проблемы мониторинга окружающей среды (ЕМ-2011): сборник трудов XI Всероссийской конференции с участием иностранных ученых. Кемерово: КемГУ, 2011. С. 67–78.
4. *Catoire L., Paulmier S., Naudet V.* Estimation of closed cup flash points of combustible solvent blends // *J. Phys. Chem. Ref. Data.* 2006. № 35. P. 9–14.
5. Binary liquid solutions exhibiting minimum flash-point behavior / *H.-J. Liaw (etc.)* // *J. Loss Prev. Proc. Ind.* 2003. № 16. P. 173–186.
6. *Vidal M., Roger W. J., Mannan M. S.* Prediction of minimum flash point behaviour for binary mixtures // *Process Saf. Environ. Ind.* 2006. № 84. P. 1–9.
7. *Корольченко А. Я., Корольченко Д. А.* Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Асс. «Пожнаука», 2004. Ч. 1. 713 с.
8. Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов» / Ю. Н. Шебеко [и др.]. М.: ВНИИПО, 2002. 77 с.
9. *Бронишевский Б. П., Шандыба В. А.* Специальная химия: учебное пособие. М.: Учебно-методический кабинет, 1979. 117 с.
10. Межмолекулярные взаимодействия и объёмные свойства жидких н-алканов и н-спиртов / М. Г. Халиулин [и др.] // Современ. проблемы физ. химии. 1980. Вып. 12. С. 140–179.

Batov Dmitriy Vjacheslavovich

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

Mochalova Tatyana Aleksandrovna

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

Storonkina Olga Evgen'evna

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

New method of calculation of temperature of flash of the mixed solvents

Abstract. A study on experimental determination of the density of mixtures decanol-1 - n-Dean - methyl isobutyl ketone and the calculation of the volumetric properties was undertaken. The changes of excess volume of the mixture from negative to positive by increasing the amount of ketone in the mixture indicate the complex nature of intermolecular interactions in the ternary mixture and do not allow us to determine the deviation from Raoult's law.

Flash point of triple (decanol-1 – n-Dean – methyl isobutyl ketone) mixture of flammable liquids is determined by experimental and computational method. It is shown that the minimum on the dependence of the flash point of the composition of the mixture is not observed. The flash point of blends containing up to 0.5 – 0.6 mole fraction of low boiling component is close to its flash point.

The data obtained in the calculations on previously known techniques, are very different from experimental values. Such a deviation might be caused by the fact that these techniques were developed for mixtures consisting of two components, and we studied the mixture is triple ones.

Proposed new methods of calculating the flash point of mixtures of liquids based on the interpolation of constants of the Antoine equations for the components of the mixture-coordinate based on the volume fraction of the component in the vapor phase. Calculation by this method has the lowest deviation from the experimental data among all the calculation methods used in the study. However, this does not prove

the possibility of application of this methodology to calculate the temperature of the flash point of mixed organic solvents, due to the lack of studies.

Keywords: flash temperature, threefold mix, intermolecular interactions, Antawn's equation, the mixed solvents, excess volume of mix, settlement techniques.

REFERENCES

1. Liaw H. J., Lee Y. H., Tang C. L. A mathematical model for predicting the flash point of binary solutions // J. Loss Prev. Proc. Ind. 2002. Vol. 15. № 6. P. 429–438.
2. Liaw H.-J., Chiu Y.-Y. The prediction of the flash point for binary aqueous-organic solutions // J. Hazard Mater. 2003. № 101. P. 83–106.
3. Esina Z. N., Korchuganova M. R., Murashkin V. V. Prognozirovanie temperatury vspyshki binarnykh zhidkikh smesey // Problemy monitoringa okruzhajushhej sredy (EM-2011): sbornik trudov XI Vserossijskoj konferencii s uchastiem inostrannykh uchenykh. Kemerovo: KemGU, 2011. S. 67–78.
4. Catoire L., Paulmier S., Naudet V. Estimation of closed cup flash points of combustible solvent blends // J. Phys. Chem. Ref. Data. 2006. № 35. P. 9–14.
5. Binary liquid solutions exhibiting minimum flash-point behavior / H.-J. Liaw (etc.) // J. Loss Prev. Proc. Ind. 2003. № 16. P. 173–186.
6. Vidal M., Roger W. J., Mannan M. S. Prediction of minimum flash point behaviour for binary mixtures // Process Saf. Environ. Ind. 2006. № 84. P. 1–9.
7. Korol'chenko A. Ja., Korol'chenko D. A. Pozharovzryvoopasnost' veshhestv i materialov i sredstva ih tushenija. Spravochnik: v 2-h ch. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Ass. «Pozhnauka», 2004. Ch. 1. 713 s.
8. Raschet osnovnykh pokazatelej pozharovzryvoopasnosti veshhestv i materialov» / Ju. N. Shebeko [i dr.]. M.: VNIPO, 2002. 77 s.
9. Bronishevskij B. P., Shandyba V. A. Special'naja himija: uchebnoe posobie. M.: Uchebno-metodicheskij kabinet, 1979. 117 s.
10. Mezhmolekuljarnye vzaimodejstvija i obščie svojstva zhidkikh n-alkanov i n-spirov / M. G. Haliulin [i dr.] // Sovremen. problemy fiz. himii. 1980. Vyp. 12. S. 140–179.

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

УДК 54.07+ 544.07

Гессе Женни Фердинандовна

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

Преподаватель

Кандидат химических наук

E-mail: zhenni.gesse@mail.ru

SPIN-КОД 4098-4701, AuthorID: 177739

Фролова Татьяна Владиславовна

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

Старший преподаватель

Кандидат химических наук

E-mail: frolovatanja@mail.ru

SPIN-код: 3768-5080, AuthorID: 154206

Оценка состояния метрологического обеспечения и возможностей использования ультразвукового метода исследования ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Ивановской области

Аннотация. В работе проведен анализ частоты использования приборов, оборудования и лабораторных установок ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Ивановской области, приведена общая оценка состояния метрологического обеспечения организации, определены причины так называемого «простоя» приборов, оборудования и лабораторных испытательных установок.

Обсуждается проблема выбора метода исследований при производстве пожарно-технических экспертиз. Представлены параметры, влияющие на достоверность метода исследования; точностные характеристики полевых и лабораторных методов исследования железобетонных конструкций для поиска очага возгорания; данные по времени проведения пожарно-технической экспертизы при определении очага пожара на железобетонных конструкциях. Проведен сравнительный анализ методов исследования, используемых в испытательных пожарных лабораториях. Показаны преимущества ультразвукового метода исследования.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, полевые и лабораторные методы исследования, ультразвуковая дефектоскопия, испытательная пожарная лаборатория.

Ежегодно в России происходит большое количество пожаров, в том числе и умышленных поджогов. Экспертизы по делам о пожарах относятся к наиболее сложным видам криминалистического исследования. Одной из ключевых задач расследования данной категории дел является установление обстоятельств возникновения и развития горения [1]. Решение этой задачи осуществляется проведением сложных экспертиз в испытательной пожарной лаборатории (далее ИПЛ).

Оценка состояния метрологического обеспечения ИПЛ и возможностей отдельно взятых методов исследования является актуальной задачей для совершенствования и модернизации процесса выполнения работ и оказания услуг потребителю.

Метрологическое обеспечение является комплексным понятием, включающим в себя достаточно большое количество компонентов: средства измерений, средства испытаний; фактическую возможность проведения измерений и испытаний; систему обеспечения единства измерений (правовая база, эталонная база, механизм испытаний и утверждений типов средств измерений и стандартных образцов, механизм поверки и (или) калибровки средств измерений, механизм аккредитации организаций) и т.д. [2]. При этом техническая составляющая метрологического обеспечения лабораторий должна отражать современное состояние научных разработок и степень их внедрения в научно-исследовательскую деятельность.

Объектом рассмотрения и оценки в работе является состояние метрологического обеспечения и возможности использования ультразвукового метода исследования при производстве судебных пожарно-технических экспертиз.

ФГБУ «Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» по Ивановской области» (далее ИПЛ по Ивановской области) создано на основании приказа МЧС России 14 октября 2005 г. № 745 «О создании судебно-экспертных учреждений и экспертных подразделений федеральной противопожарной службы» [3], согласно приложению 1 которого лаборатория имеет 2 разряд. В своей деятельности ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Ивановской области руководствуется такими документами, как [4–5]. Структура данной организации представлена на рисунке.



Рисунок. Структура ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Ивановской области

Основная часть оборудования в ИПЛ по Ивановской области является относительно новой, и практически все приборы и оборудование в течение 2016 г. использовались для исследования и экспертизы пожаров. Доля использованных приборов и оборудования для исследования систем противопожарной защиты составляет 63,2%, а в случае лабораторных испытательных установок – 62,5%. Причина так называемого «простоя» материально-технической базы, вероятно, заключается не только в отсутствии поданных заявок на проведение исследований и испытаний, но и в сложности и длительности эксперимента, моральном устаревании отдельного оборудования. В целом, следует отметить высокий уровень выполнения работ и оказания услуг ИПЛ по Ивановской области. Ранее нами был рассчитан комплексный показатель качества услуг оказываемых ИПЛ по Ивановской области, который составил 4,57 (из 5 баллов) [6]. Подобное значение свидетельствует о должном состоянии метрологического обеспечения организации. В связи с этим актуальным является изучение возможностей использования приборов, оборудования и лабораторных испытательных установок в ИПЛ по Ивановской области.

В арсенале сотрудников ИПЛ имеется большое количество методов исследования. При этом вопрос о целесообразности применения того или иного метода в экспертной практике, его эффективности может быть решен на основании проведения соответствующей оценки. Несмотря на то, что оценке, как правило, подвергается каждый метод в отдельности, при решении конкретных задач, стоящих перед экспертом, наилучшего результата можно достичь по-

средством применения совокупности методов, используемых параллельно или последовательно.

К примеру, для экспертного исследования после пожара изделий из бетонов применяются такие лабораторные методы, как ИК-спектроскопия, рентгеновский фазовый анализ, термический анализ. Эти методы обладают высокой информативностью, но, наряду с этим, и весьма существенными недостатками, связанными с высокой стоимостью оборудования, длительностью и трудоемкостью подготовки проб в лабораторных условиях, необходимостью глубоких специальных знаний физико-химических свойств неорганических строительных материалов. Данный факт обуславливает меньшую предпочтительность в использовании данных методов на практике.

Применение полевых средств неразрушающего контроля объектов исследования на месте пожара является более актуальным по причине того, что удастся сохранить целостность образца. Однако в литературе вопросу о применении ультразвукового метода исследования, как одного из перспективных полевых методов исследования железобетонных конструкций с целью обнаружения очага пожара, посвящен узкий круг работ [7, 8].

Как было отмечено ранее, решить вопрос о целесообразности применения экспертами ИПЛ того или иного метода исследования на практике можно посредством проведения сравнительной оценки. Основная проблема оценки заключается в том, что каждый метод характеризуется набором показателей, в то время как влияние каждого из них на общую оценку метода отлично в разных экспертных учреждениях в зависимости от имеющихся условий выполнения эксперимента, инструментальных возможностей и конкретных обстоятельств дела. Тем не менее, одним из главных оценочных параметров любого метода исследования при производстве судебных пожарно-технических экспертиз, с точки зрения целесообразности его применения, является эффективность [9].

Определение эффективности метода исследования должно отражать ключевые требования как к результатам исследования, так и ко времени, которое затрачивается на проведение эксперимента. Поэтому эффективностью метода исследования в судебной экспертизе принято считать вероятность получения достоверных результатов с помощью конкретного метода. При этом результаты исследований должны быть получены с требуемой точностью при минимальном расходе образца и в кратчайшие сроки.

Для сравнения эффективности полевых и лабораторных методов исследования (на примере железобетонных конструкций), позволяющих оценить степень термического поражения железобетонных конструкций, нами выбраны следующие оценочные показатели:

1. Достоверность результата измерений – соответствие полученного результата ожидаемой величине при калибровке, настройке оборудования. Оценка достоверности результатов может не зависеть от методических погрешностей (нарушение методики, алгоритма), погрешностей, связанных с человеческим фактором (некорректно вводимые исходные данные) и т.д. Основные причины появления погрешностей, возникающих при проведении исследований, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры, влияющие на достоверность результатов измерений различными методами

Полевые методы исследования				
	визуальный осмотр	ударно- акустиче- ский	ультразвуковая дефектоскопия	определение маг- нитной восприим- чивости материа- ла
Параметры, влияющие на величину по- грешности	наличие на- выка опреде- ления цвето- вых оттенков	–	неправильная математическая обработка ре- зультатов; попадание арма- туры в точку ис- следования; юстирование прибора	фиксация измене- ния не основного, а примесного компо- нента
Воспроиз- водимость ре- зультатов	низкая	низкая	высокая	высокая
Лабораторные методы исследования				
	рентгеноструктурный анализ		инфракрасная спектроскопия	
Параметры, влияющие на величину по- грешности	неправильная расшифровка и математическая обработка ре- зультатов; юстирование прибора		подготовка проб; юстирование прибора	
Воспроиз- водимость ре- зультатов	высокая		высокая	

Как видно из табл. 1, метод ультразвуковой дефектоскопии не уступает прочим полевым и лабораторным методам исследования железобетонных конструкций по воспроизводимости результатов.

2. Точность. Результат исследования оценивают как достаточно точный в случаях, если он позволяет решить поставленную задачу с конкретными исходными данными. В табл. 2 приведены данные по точности некоторых полевых и лабораторных методов исследования железобетонных конструкций для поиска очага возгорания [10].

Таблица 2. Сравнительная характеристика полевых и лабораторных методов исследования железобетонных конструкций для поиска очага возгорания

№ п/п	Метод исследования		Точность метода	Получаемая информация	Вид метода
1.	полевые методы	визуальный осмотр	низкая	позволяет определить три зоны (до 300°C, от 400 – 600°C, от 900 – 1000°C)	сравнительный
2.		ударно-акустический	низкая	определяет только «холодную» и «горячую» зоны до и после 600 – 700°C	прямое измерение
3.		ультразвуковая дефектоскопия	высокая	определяет зоны до 800°C	сравнительный
4.		определение магнитной восприимчивости материала	высокая	определяет только «холодную» и «горячую» зоны до и после 600 – 700°C	прямое измерение
5.	лабораторные методы	рентгеноструктурный анализ	высокая	во всех интервалах температур	сравнительный
6.		инфракрасная спектроскопия	высокая	во всех интервалах температур	сравнительный

Как следует из табл. 2, по точности метод ультразвуковой дефектоскопии эквивалентен рентгеноструктурному анализу, инфракрасной спектроскопии, определению магнитной восприимчивости материала. Из всех полевых методов позволяет получить наиболее большой объем информации.

Следует отметить, что в случае низкой точности метода эксперт не сможет провести корректно исследования, даже если результат достоверен.

3. Объем (количество) образца, требуемый для проведения исследования. Минимальный расход образца позволяет эксперту провести большее количество исследований (повторных, исследований с помощью других методов, исследований с различными исходными условиями и т.д.). Немаловажным является тот факт, что при проведении исследований с использованием полевых методов подлежит анализу вся пострадавшая во время пожара конструкция, в то время как для проведения лабораторных методов достаточно небольшого количества образца с места пожара.

4. Время, требуемое для проведения исследований. В табл. 3 приведены данные по времени, затрачиваемому на пожарно-техническую экспертизу при определении очага пожара на железобетонных конструкциях.

Таблица 3. Данные по времени проведения пожарно-технической экспертизы при определении очага пожара на железобетонных конструкциях

Способ испытания образца	Время испытания одного образца, мин
Ударно-акустический	1
Визуальный осмотр	5–10
Ультразвуковая дефектоскопия	10
Определение магнитной восприимчивости материала	15
Инфракрасная спектроскопия	20
Рентгеноструктурный анализ	60

По мере уменьшения времени, затрачиваемого на исследования, повышается эффективность метода исследования при прочих равных условиях. Отличие данного показателя и показателей, описанных выше, заключается в том, что время не определяет вероятность корректного решения поставленной перед экспертом задачи.

Таким образом, приведенный перечень оценочных показателей является достаточным для сравнения эффективности полевых и лабораторных методов исследования для поиска очага возгорания, так как отражает требования, предъявляемые как к получаемым результатам (достоверность, точность), так и к начальным условиям (объем образца, предполагаемое время проведения эксперимента). Если провести ранжирование оценочных показателей по значимости для потребителя, то можно составить следующий ряд: точность (наиболее значимый показатель) – достоверность результата измерений – время – объем образца (наименее значимый показатель). При этом весомую роль играет состояние метрологического обеспечения лаборатории, ее оснащение и возможности.

Таким образом, в работе дана оценка состояния метрологического обеспечения ИПЛ по Ивановской области. Показаны причины, по которым часть приборов, оборудования и лабораторных испытательных установок не используется. В связи с этим, в работе впервые проведена оценка возможностей одного из перспективных методов исследования – метода ультразвуковой дефектоскопии при производстве судебных пожарно-технических экспертиз. Показано, что метод ультразвуковой дефектоскопии для определения очага пожара можно считать весьма эффективным по точности и объему получаемых результатов среди полевых методов исследования. Метод ультразвуковой дефектоскопии не уступает лабораторным методам исследования, к недостаткам которых следует отнести дороговизну используемых приборов, необходимость применения эталонов и т.д. Однако, как показывает практика, большинство испытательных пожарных лабораторий оснащены именно дорогостоящим оборудованием, таким как ИК Фурье-спектрометром, а результаты ИК-спектроскопии используются повсеместно как для оценки степени термического поражения различных материалов, так и для идентификации неизвестных материалов изъятых с места пожара. С учетом высокой оценки состояния метрологического обеспечения ИПЛ по Ивановской области метод ультразвуковой дефектоскопии может быть рекомендован к активному использованию в связи с его широкими возможностями и оптимальному времени, отводимому на испытание образца. В целях развития взаимодействия организаций и по причине отсутствия данного оборудования во многих ИПЛ сотрудникам ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Ивановской области имеет смысл проводить исследования методом ультразвуковой дефектоскопии по заявкам испытательных пожарных лабораторий других областей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чешко И. Д. Технические основы расследования пожаров: методическое пособие. М: ВНИИПО, 2002. 330 с.
2. Анисимова А. А., Пашков Р. С., Феофанов Л. Г. Современные требования метрологии // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2013. Вып. № 9 (1). С. 208–209.
3. О создании судебно-экспертных учреждений и экспертных подразделений федеральной противопожарной службы: Приказ МЧС РФ от 14 октября 2005 г. № 745.
4. Об утверждении Инструкции по организации и производству судебных экспертиз в судебно-экспертных учреждениях и экспертных подразделениях федеральной противопожарной службы: Приказ МЧС РФ от 19 августа 2005 г. № 640.
5. О представлении сведений о деятельности судебно-экспертных учреждений федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы:

Приказ МЧС России от 22 августа 2013 г. № 551.

6. Бутрин А. С., Гессе Ж. Ф. Анализ состояния метрологического обеспечения ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Ивановской области с целью разработки мероприятий по повышению качества оказываемых услуг // Пожарная безопасность и защита в ЧС: сборник материалов XI итоговой научно-практической конференции курсантов, слушателей и студентов, посвященной Году гражданской обороны. Иваново, 10–12 мая 2017 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. С. 604–607.

7. Дашко Л. В., Плотникова Г. В., Гольчевский В. Ф. Экспертные пожарно-технические исследования строительных материалов зданий при установлении очага пожара // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. 2014. № 4 (71). С. 61–67.

8. Винберг А. И., Малаховская Н. Т. Судебная экспертология (общетеоретические и методологические проблемы судебных экспертиз): учебное пособие. Волгоград, 1978. 182 с.

9. Зырянов В. С., Кузнецов К. Л., Шеков А. А. Определение степени термического поражения бетонов на основе цемента ОАО «Ангарскцемент» методом ИК-спектроскопии // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. 2015. № 3 (74). С. 36–42.

10. Малышев Е. А., Фролова Т. В. Оценка эффективности использования ультразвукового метода исследования железобетонных конструкций для целей судебной пожарно-технической экспертизы // Пожарная безопасность и защита в ЧС: сборник материалов XI итоговой научно-практической конференции курсантов, слушателей и студентов, посвященной Году гражданской обороны. Иваново, 10–12 мая 2017 г. Указ. изд. С. 161–166.

Gesse Zhenni Ferdinandovna

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: zhenni.gesse@mail.ru

Frolova Tatiana 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: frolovatanja@mail.ru

Evaluation of metrological support state and ultrasonic method investigation opportunities at FGBU SEU FPS IPL on Ivanovo Region

Abstract. The analysis of use frequency of instruments, equipment and laboratory testing units of the FGBU SEU FPS IPL in the Ivanovo region was carried out. The common estimation of the state of metrological support of the organization was made given. The reasons and quantitative indicators of «idle» cases of instruments, equipment and laboratory test facilities during 2016 were determined.

The choosing problem of the investigation method at production of fire-technical expertise is discussed. Particular attention is paid to field and laboratory methods of research, which are very popular. Parameters influencing the reliability of the research method was made. The precision characteristics of field and laboratory methods for studying reinforced concrete structures for the search for a source of ignition were presented. Comparative characteristics of the time data of fire-technical expertise for determination of fire focus on reinforced concrete structures were described.

In conclusion, a comparative analysis of both laboratory and field research methods used in testing fire laboratories was carried out. It is shown that the ultrasonic flaw detection method for determining the fire site can be considered the most effective in accuracy and informativity among field research methods. The main drawbacks of laboratory methods are the high cost and the need to use standards. The method of ultrasonic flaw detection is not inferior to the informativeness and accuracy of the results obtained.

Keywords: metrological support, field and laboratory research methods, ultrasonic flaw detection, test fire laboratory.

REFERENCES

1. *Cheshko I.D.* Tehnicheskie osnovy rassledovaniya pozharov: metodicheskoe posobie. M: VNIPO, 2002. 330 s.

2. *Anisimova A.A., Pashkov R.S., Feofanov L.G.* Sovremennye trebovanija metrologii // Aktual'nye problemy aviacii i kosmonavтики. 2013. Vyp. № 9 (1). S. 208–209.
3. O sozdanii sudebno-jekspertnyh uchrezhdenij i jekspertnyh podrazdelenij federal'noj protivopozharnoj sluzhby: Prikaz MChS RF ot 14 oktjabrja 2005 g. № 745.
4. Ob utverzhdenii Instrukcii po organizacii i proizvodstvu sudebnyh jeks-pertiz v sudebno-jekspertnyh uchrezhdenijah i jekspertnyh podrazdelenijah federal'noj protivopozharnoj sluzhby: Prikaz MChS RF ot 19 avgusta 2005 g. № 640.
5. O predstavlenii svedenij o dejatel'nosti sudebno-jekspertnyh uchrezhdenij federal'noj protivopozharnoj sluzhby Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby: Prikaz MChS Rossii ot 22 avgusta 2013 g. № 551.
6. *Butrin A.S., Gesse Zh.F.* Analiz sostojanija metrologicheskogo obespechenija FGBU SJeU FPS IPL po Ivanovskoj oblasti s cel'ju razrabotki meroprijatij po povysheniju kachestva okazyvaemyh uslug // Pozharnaja bezopasnost' i zashhita v ChS: sbornik materialov XI itogovoj nauchno-prakticheskoy konferencii kursantov, slu-shatelej i studentov, posvjashhennoj Godu grazhdanskoj oborony. Ivanovo, 10–12 maja 2017 g. Ivanovo: Ivanovskaja pozharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii, 2017. S. 604–607.
7. *Dashko L.V., Plotnikova G.V., Gol'chevskij V.F.* Jekspertnye pozharno-tehnicheskie issledovaniya stroitel'nyh materialov zdaniy pri ustanovlenii ochaga pozhara // Vestnik Vostochno-Sibirskogo instituta MVD Rossii. 2014. № 4 (71). S. 61–67.
8. Vinberg A.I., Malahovskaja N.T. Sudebnaja jekspertologija (obshheteoreticheskie i metodologicheskie problemy sudebnyh jekspertiz): uchebnoe posobie. Volgograd, 1978. 182 s.
9. *Zyrjanov V.S., Kuznecov K.L., Shekov A.A.* Opredelenie stepeni termicheskogo porazhenija betonov na osnove cementa OAO «Angarsk cement» metodom IK-spektroskopii // Vestnik Vostochno-Sibirskogo instituta MVD Rossii. 2015. № 3 (74). S. 36–42.
10. *Malyshev E.A., Frolova T.V.* Ocenka jeffektivnosti ispol'zovanija ul'trazvukovogo metoda issledovaniya zhelezobetonnyh konstrukcij dlja celej sudebnoj pozharno-tehnicheskoy jekspertizy // Pozharnaja bezopasnost' i zashhita v ChS: sbornik materialov XI itogovoj nauchno-prakticheskoy konferencii kursantov, slushatelej i studentov, posvjashhennoj Godu grazhdanskoj oborony. Ivanovo, 10–12 maja 2017 g. Ukaz. izd. S. 161–166.

Рецензент: заведующий лабораторией, доктор химических наук, старший научный сотрудник А. В. Агафонов (Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН)

УДК 614.841

Карасев Евгений Викторович

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

Заместитель начальника кафедры

E-mail: evkar75@mail.ru

SPIN-код: 7276-3055

Таратанов Николай Александрович

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

Старший преподаватель

Кандидат химических наук

E-mail: taratanov_n@mail.ru

SPIN-код: 5370-6826

Моделирование пожара, произошедшего 6 сентября 2016 года в здании НК «Таганка»

Аннотация. В рамках работы проведен экспертный анализ последствий пожара, произошедшего 6 сентября 2016 года в здании ночного клуба «Таганка» по адресу: город Иваново, улица Громобоя, дом 2. Предметом исследования являются причины наступления тяжких последствий пожара в виде имущественного ущерба. При проведении комплексной пожарно-технической экспертизы была использована полевая математическая модель пожара (FDS), для реконструкции процесса распространения горения. В процессе реконструкции была предложена модель возникновения и развития горения в здании ночного клуба «Таганка». Проанализировав результаты, полученные при моделировании, можно сделать вывод, что реконструкция возникновения и развития пожара наиболее полно отражает динамику развития пожара в соответствии с объяснениями и показаниями очевидцев, а также в результатах применяемых инструментальных (полевых) исследований. Таким образом, учитывая, что качественная и количественная оценка термических поражений не противоречат проведенной реконструкции начальной стадии развития пожара, а также дальнейшему процессу распространения горения, делаем вывод о том, что первоначальное горение возникло в юго-западной (помещение гримерной) и северо-западной частях помещения танцевального зала здания ночного клуба «Таганка».

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

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

При расследовании уголовных дел, связанных с пожарами, ключевым моментом при расследовании часто является причина пожара, которую рассматривают в качестве основания для решения вопроса о наличии или отсутствии оснований уголовной ответственности и квалификации преступления. Этот термин воспринимается настолько очевидным, «понятным», что на практике под ним имеются в виду совершенно разнородные понятия: неосторожное обращение с огнем; неисправность и нарушение правил эксплуатации электрического, отопительного и технологического оборудования; поджог; самовозгорание веществ и материалов; взрыв; грозовые разряды и статическое электричество и др. Подобное перечисление причин пожаров характерно для многих нормативных документов и методической литературы, которые используются работниками судов, органов дознания и следствия.

Но смешивать разнородные понятия недопустимо. Причина пожара – понятие, прежде всего, уголовно-правовое и означает запрещенное уголовным законодательством виновно совершенное общественно опасное деяние, повлекшее возникновение пожара с наступившими общественно опасными последствиями.

Под причиной пожара понимается явление или обстоятельство, непосредственно обусловившее первоначальное возникновение пожара (горения). Причина пожара определяется после того, как установлено место, в котором первоначально возникло горение. При этом учитываются все собранные данные о потенциальных источниках зажигания, которые могли вызвать горение в этом месте, включая характерные для них следы и признаки, в том числе и те, которые обнаружены при исследовании места пожара и при исследовании вещественных доказательств.

В рамках выполнения данной работы предпринята попытка разработки методов анализа и реконструкции процесса возникновения и развития пожара с использованием компьютерного моделирования динамики опасных факторов пожара.

Краткая характеристика объекта

Здание ночного клуба (далее НК) «Таганка» является общественным культурно-зрелищным объектом, какое-либо технологическое производство отсутствует, предназначено для временного пребывания людей.

Здание трехэтажное. Строительство выполнено до 1917 года. Строение различного конструктивного исполнения. В 1994 году была выполнена частичная перепланировка здания. Объект обременен условиями охранного обязательства, т.к. является объектом культурного наследия (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид здания расположенное по адресу:
г. Иваново, улица Громобоя, д. 2, в котором находился НК «Таганка»

Степень огнестойкости здания – III. Класс функциональной пожарной опасности: Ф 2.2 – музеи, выставки, танцевальные залы и другие подобные учреждения в закрытых помещениях. Какое-либо технологическое производство отсутствует. Класс конструктивной пожарной опасности здания С2. Для эвакуации предусмотрен главный вход в здание ночного клуба, запасной выход из основной части здания, выходы из помещения танцевального зала.

Здание выполнено из керамического кирпича, перекрытия в здании монолитные железобетонные, кровля двухскатная металлическая со стропильными конструкциями, несущими элементами являются металлические фермы.

Данное здание ориентированно с востока на запад, имеет прямоугольную форму и состоит из трех основных частей: восточной, средней и западной, разделенных противопожарными стенами. Восточная часть по высоте

разделена на 3 этажа. Центральная часть – одно большое помещение прямоугольной формы размером 18×20 м, имеющее высоту равную трем этажам восточной части. При перепланировке в помещении танцпола были выстроены антресоли, опирающиеся на самостоятельный каркас. Перекрытия антресолей деревянные, образующие над зоной танцпола 2 и 3 уровень.

С декабря 2013 года здание не эксплуатировалось и не охранялось. Было обесточено и отключено от всех коммуникаций.

Здание НК «Таганка» на момент возникновения пожара не эксплуатировалась, поэтому людей в здании не было.

Экспертиза местоположения очага пожара и динамики пожара

На начальном этапе работы проводилось инструментальное исследование термических поражений листов кровли. Проведение количественной оценки термических поражений металлических листов кровли осуществлялось с помощью коэрцитиметра импульсного микропроцессорного КИМ-2М. Суть методики заключается в оценке глубины развития рекристаллизационных процессов у холоднодеформированных металлических изделий при нагревании в ходе пожара. Степень рекристаллизации зависит от параметров теплового воздействия на холоднодеформированный металл и, в первую очередь, от температуры. Скорость рекристаллизации и, соответственно, изменение величины тока размагничивания при нагреве в изотермических условиях последовательно возрастает с увеличением температуры нагрева. Таким образом, зона с экстремально низкой величиной тока размагничивания (I , мА) на поверхности изделия соответствует зоне наибольшего теплового воздействия. Анализируя полученные результаты, можно констатировать, что наименьшие значения были получены в юго-западной и северо-западной частях здания. По мере удаления к восточной стороне помещения танцевального зала значения последовательно увеличиваются. Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что металлические листы кровли имеют наибольшую степень термического поражения в юго-западной и северо-западной части.

Также с целью определения длительности и температуры теплового воздействия, которой подверглись древесные угли, применялась методика исследования обугленных остатков древесины (древесных углей), по результатам измерения глубин обугливания и определения отдельных физико-химических свойств угля.

Наибольшие значения были получены в юго-западной и северо-западной частях танцевального зала (61,03 и 24,68 минут). Следовательно, в данных зонах происходило наиболее длительное тепловое воздействие развившегося пожара по сравнению с остальной частью здания.

По результатам проведенных инструментальных исследований, можно выделить два независимых между собой очага пожара, которые расположены на удалении друг от друга, а именно в юго-западной и северо-западной частях танцевального зала.

Экспертиза механизма возникновения горения

Учитывая расположение выявленных двух очагов пожара, рассматривались следующие версии причины возникновения пожара:

Первая – электротехническая версия возникновения пожара;

Вторая – искусственное инициирование горения.

Первая версия исключается, т.к. здание было отключено от электричества, а на электропроводке, изъятой в очаге пожара, следы с признаками аварийного режима работы не обнаружены. Следовательно, электрическая проводка не может быть причиной возникновения пожара.

При отработке второй версии возникновения пожара следует, что для мощного открытого источника зажигания характерно быстрое развитие горения во времени. В ходе проведения исследования были установлены два независимых очага пожара. Данный факт является квалификационным признаком рассматриваемой версии. Строительные конструкции в очагах пожара имеют обширные термические поражения. На древесине образовался мелкоячеистый угольный остаток. Образование подобной следовой картины термических поражений могло произойти в результате воздействия мощного источника зажигания с применением инициаторов горения. Данный факт является также характерным для рассматриваемой версии.

Таким образом, выявлен квалификационный признак (наличие двух очагов пожара). Учитывая динамику развития горения и степень термических поражений, приходим к выводу, что причиной возникновения пожара является искусственное инициирование горения.

Реконструкции процесса распространения горения

Учитывая ранее полученные данные, следующим этапом работы явилось проведение реконструкции процесса распространения горения из указанных зон, и выявление возможных противоречий. Актуальность проведения реконструкции возникновения и развития пожара обусловлена комплексным подходом к подготовке технического заключения по отработке версий возникновения пожара.

Для этого при помощи программного комплекса Fire Dynamics Simulator (FDS) был проведен численный эксперимент по моделированию пожара на данном объекте в конкретных условиях. Программа позволяет производить расчет множества зданий в одном проекте, с указанием участков пожарной

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

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

Внутри центральной части здания имеются две зоны: зона бара размером $18 \times 5,3$ м и зона танцпола размером $18 \times 14,7$ м. Стены помещения выполнены из кирпича, оштукатурены, поверх выполнена декоративная отделка. Пол покрыт ламинатом, центр танцпола выложен керамической плиткой. В зоне бара располагаются барная стойка размером $8 \times 2,25$ м, выполненная из деревянных досок и листов ДСП, покрашенных краской, у западной стены располагаются 5 диванов размером $2,25 \times 1,25$ м, выполненных из фанеры, ДСП, поролон и дерматина. Зона бара отделена от зоны танцпола ограждающей конструкцией, состоящей из деревянных досок, покрытых декоративной отделкой, высотой 0,8 м и остеклением до антресоли. В зоне танцпола по периметру располагаются диваны, аналогичные расположенным в зоне бара, в количестве 14 штук. У западной стены танцпола находится сцена размером $14,5 \times 5$ м (в самом длинном и самом широком месте), высотой 1,5 м. Сцена представляет собой металлический каркас с деревянным настилом, покрытым ламинатом. С южной стороны сцены имеется место для диджея, выполненное из покрашенной ДСП. В данном помещении построены 2 уровня антресолей, опирающихся на самостоятельный железный каркас. Ширина антресолей в зоне бара равна 5,25 м на первом уровне, 3,75 м на втором уровне, с северной и южной сторон танцпола – 2 м, высота – 1,2 м. Внутри навесы полые, нижняя часть состоит из оштукатуренного и окрашенного дерева, верхняя – из дерева, на первом уровне антресолей с напольным покрытием

поверх (ламинат или керамическая плитка). Торцы закрыты гипсокартонными панелями. На первом уровне антресолей в зоне бара располагается барная стойка размером $2,75 \times 2,75$ м, выполненная из дерева и ДСП. Подвесной потолок, выполненный из поликарбоната, находится на уровне 8,3 м и крепится металлическими тросами к фермам, на которых располагается крыша. В юго-западной и северо-западной сторонах танцпола находятся вентиляционные шахты, имеющие вертикально по 3 отверстия каждая. Центральная часть здания с северной стороны имеет два выхода на улицу.

Следовательно, основными горючими материалами в помещении будут являться: древесина, ПВХ панели, ДСП, фанера, поролон, дерматин (искусственная кожа).

Первый очаг пожара расположен в юго-западном углу помещения танцевального зала (внутри гримерной). Мощность очага $700 \text{ кВт} \cdot \text{с}^{-1}$, размеры очага $0,75 \times 0,65$ м. Второй очаг пожара расположен в северо-западном углу помещения танцевального зала. Мощность очага $700 \text{ кВт} \cdot \text{с}^{-1}$, размеры очага $0,8 \times 0,8$ м.

На рис. 2 представлена схема расположения очагов пожара, а также процесс развития горения на 2003, 2099, 2194 сек.

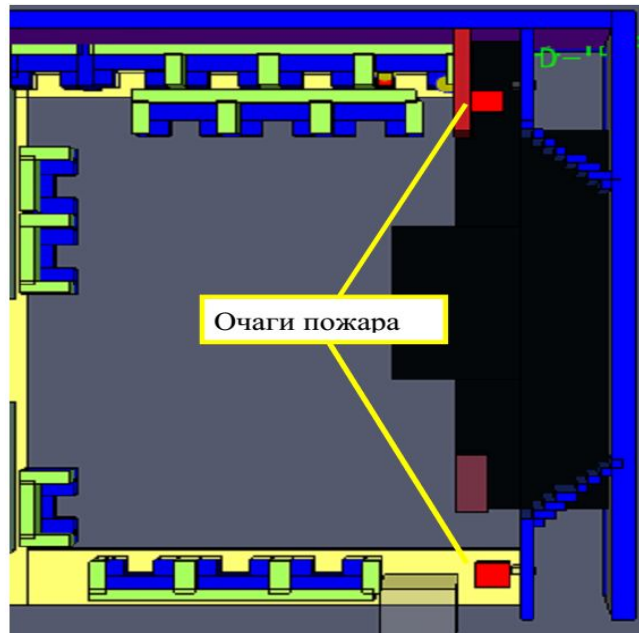


Рис. 2. Схема расположения очагов пожара

Рассматриваемая модель развития пожара сопоставляется с реальными данными по протеканию пожара. На рис. 3 мы наблюдаем быстрое развитие пожара, что соответствует объяснению руководителя тушения пожара-2.

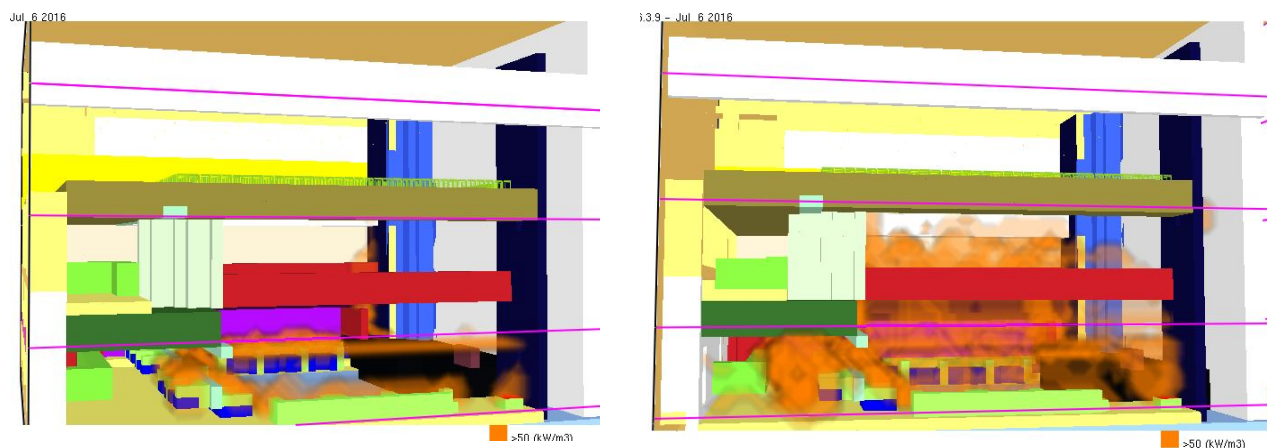


Рис. 3. Модель развития горения на 2149 с (левое) и 2194 с (правое)

Данный факт можно объяснить тем, что распространение пожара началось вдоль северной стены раньше, чем с южной. Также отметим, что при исследовании обугленных остатков древесины, изъятых с конструкций танцевального зала, полученные показатели длительности теплового воздействия на них в северо-западной части больше, чем в юго-западной. Это объясняется тем, что в начальный момент времени пожар развивался в помещении гримерной и только через определенный момент времени распространился на конструкции южной стены.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что модель возникновения и развития пожара полно отражает динамику развития пожара, произошедшего 06.09.2016 года в здании НК «Таганка».

Заключение

В работе был произведен анализ пожарной опасности здания, выполнена реконструкция процесса возникновения и горения пожара в здании НК «Таганка».

По результатам проведенного исследования первоначального возникновения горения можно сделать вывод, что первоначальное горение возникло в юго-западной и северо-западной частях помещения танцевального зала здания НК «Таганка».

Ответы на поставленные вопросы о причинах возникновения и развития пожара привели к исключению версий о воздействии на горючие материалы маломощного источника тепла (в виде тлеющего табачного изделия) и электротехнической причины. Причиной пожара является искусственное инициирование горения (поджог).

По результатам реконструкции можно сделать вывод, что модель возникновения и развития пожара полно отражает динамику развития пожара в соответствии с объяснениями и показаниями очевидцев, а также в результатах применяемых инструментальных исследований.

Таким образом, учитывая, что качественная и количественная оценка термических поражений не противоречат проведенной реконструкции развития пожара, а также признакам его распространения, можно заключить, что изначально горение возникло в нескольких местах здания НК «Таганка» (юго-западной (помещение гримерной) и северо-западной частях помещения танцевального зала). Причиной пожара, произошедшего 06.09.2016 года в здании НК «Таганка», является искусственное инициирование горения (поджог).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ.
2. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: Приказ МЧС России от 30 июля 2009 г. № 382.
3. СНиП 31-05-2003. Общественные здания административного назначения. Обеспечение безопасности людей при пожаре.
4. ГОСТ 12.1.033-81. Пожарная безопасность. Термины и определения (утвержден и введен в действие Постановлением Госкомитета СССР по стандартам от 27 августа 1981 г. № 4084).
5. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (утвержден Постановлением Госстандарта СССР от 14 июня 1991 г. № 875).
6. Дознание и экспертиза пожаров. Справочное пособие. ИПЛ УПО УВД Волгоградского облисполкома, 1986.
7. *Зернов С. И.* Задачи пожарно-технической экспертизы и методы их решения: учебное пособие. М.: ЭКЦ МВД РФ, 2001. 200 с.
8. *Корольченко А. Я., Корольченко Д. А.* Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник в 2-х частях. М.: Асс. «Пожнаука», 2004.
9. *Кошмаров Ю. А.* Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учебное пособие. М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 118 с.
10. Применение инструментальных методов и технических средств в экспертизе пожаров: сборник методических рекомендаций / под ред. И. Д. Чешко и А. Н. Соколовой. СПб.: СПб филиал ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2008. 279 с.
11. *Чешко И. Д., Плотников В. Г.* Анализ экспертных версий возникновения пожара. В 2-х книгах. Кн. 2. СПб.: СПб филиал ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2012. 364 с.

12. Чешко И. Д. Технические основы расследования пожаров: методическое пособие. М.: ВНИИПО, 2002. 330 с.

13. Чешко И. Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования). СПб.: Санкт-Петербургский институт пожарной безопасности МВД РФ, 1997. 562 с.

14. Руководство пользователя «Работа в программном комплексе FireCat для расчета индивидуального пожарного риска. Библиотека реакций и поверхностей горения в PyroSim». URL: <http://www.pyrosim.ru/2016>.

15. Применение программных комплексов для установления обстоятельств пожара / А. А. Шавлюга [и др.] // Технология техносферной безопасности: интернет-журнал. 2017. Вып. 3. URL: <http://academygps.ru/ttb> (дата обращения: 06.09.2017).

Karasev Evgeny Viktorovich

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: evkar75@mail.ru

Taratanov Nikolay Aleksandrovich

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

Modeling of fire, occurred on 6 September, 2016 in the building NC «Taganka»

Abstract. In the framework of the work carried out expert analysis of the consequences of the fire that occurred on 6 September 2016, the building night club «Taganka» at the address: Ivanovo, gromoboya street, building 2. The subject of study is the cause of occurrence of serious consequences of fire in the form of property damage. When carrying out complex fire-technical examination was used to field a mathematical model of the fire (FDS) for the reconstruction of the process of propagation of the combustion. In the process of reconstruction was the proposed model of the origin and development of combustion in the building night club «Taganka». After analyzing the results obtained in the simulation, we can conclude that the reconstruction of the origin and development of fire best reflects the dynamics of the fire, and reflected in the explanations of witnesses, as well as in the results of the tool applied (field) research. Thus, given that the qualitative and quantitative assessment of thermal injuries do not contradict the reconstruction of initial stage of fire development and the further process of propagation of the combustion, we conclude that the initial burning occurred to the South-West room (the dressing room) and North-Western parts of the premises of the dance hall building night club «Taganka».

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

REFERENCES

1. Tehnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: Federal'-nyj zakon ot 22 ijulja 2008 g. №123-FZ.
2. Ob utverzhdenii metodiki opredelenija raschetnyh velichin pozharnogo riska v zdaniyah, sooruzhenijah i stroenijah razlichnyh klassov funkcional'noj pozharnoj opasnosti: Prikaz MChS Rossii ot 30 ijulja 2009 g. № 382.

3. SNiP 31-05-2003. Obshhestvennyye zdaniya administrativnogo naznachenija. Obespechenie bezopasnosti ljudej pri pozhare.
4. GOST 12.1.033-81. Pozharnaja bezopasnost'. Terminy i opredelenija (utver-zhden i vveden v dejstvie Postanovleniem Goskomiteta SSSR po standartam ot 27 avgusta 1981 g. № 4084).
5. GOST 12.1.004-91. SSBT. Pozharnaja bezopasnost'. Obshhie trebovanija (ut-verzhden Postanovleniem Gosstandarta SSSR ot 14 ijunya 1991 g. № 875).
6. Doznanie i jekspertiza pozharov. Spravochnoe posobie. IPL UPO UVD Vol-gogradskogo oblispolkoma, 1986.
7. Zernov S. I. Zadachi pozharno-tehnicheskoy jekspertizy i metody ih reshenija: uchebnoe posobie. M.: JeKC MVD RF, 2001. 200 s.
8. Korol'chenko A. Ja., Korol'chenko D. A. Pozharovzravoopasnost' veshhestv i ma-terialov i sredstva ih tushenija. Spravochnik v 2-h chastjah. M.: Ass. «Pozhnauka», 2004.
9. Koshmarov Ju. A. Prognozirovanie opasnyh faktorov pozhara v pomeshhenii: uchebnoe posobie. M.: Akademiya GPS MVD Rossii, 2000. 118 s.
10. Primenenie instrumental'nyh metodov i tehniceskikh sredstv v jeksperti-ze pozharov: sbornik metodicheskikh rekomendacij / pod red. I. D. Cheshko i A. N. Sokolovoj. SPb.: SPb filial FGU VNIPO MChS Rossii, 2008. 279 s.
11. Cheshko I. D., Plotnikov V. G. Analiz jekspertnyh versij vzniknovenija pozhara. V 2-h knigah. Kn. 2. SPb.: SPb filial FGU VNIPO MChS Rossii, 2012. 364 s.
12. Cheshko I. D. Tehnicheskie osnovy rassledovaniya pozharov: metodicheskoe posobie. M.: VNIPO, 2002. 330 s.
13. Cheshko I. D. Jekspertiza pozharov (ob#ekty, metody, metodiki issledova-nija). SPb.: Sankt-Peterburgskij institut pozharnoj bezopasnosti MVD RF, 1997. 562 s.
14. Rukovodstvo pol'zovatelja «Rabota v programmnom komplekse FireCat dlja rascheta individual'nogo pozharnogo riska. Biblioteka reakcij i poverhnostej go-renija v PyroSim». URL: <http://www.pyrosim.ru/2016>.
15. Primenenie programmnyh kompleksov dlja ustanovlenija obstojatel'stv pozhara / A. A. Shavljugha [i dr.] // Tehnologija tehno-sfernoj bezopasnosti: internet-zhurnal. 2017. Vyp. 3. URL: <http://academygps.ru/ttb> (data obrashhenija: 06.09.2017).

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

ПОЖАРОТУШЕНИЕ

УДК 621.89.099.6, 614.846.6

Годлевский Владимир Александрович

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

Профессор

Доктор технических наук

Профессор

E-mail: godl@yandex.ru

http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=134813

Колбашов Михаил Александрович

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

Доцент

Кандидат технических наук

E-mail: kolbashow@mail.ru

https://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=884492

Моисеев Юрий Николаевич

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

Начальник кафедры

E-mail: fireman13@mail.ru

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

**Адсорбционная модель смазочного действия
трибоактивных присадок к смазочным материалам
для узлов трения пожарной и аварийно-спасательной техники**

Аннотация. Правильный выбор трибоактивных присадок для смазочных масел, применяемых в узлах и механизмах пожарной техники, существенным образом влияет на параметры надежности оборудования и стоимость его эксплуатации. Предложено использовать для расчета кинетических параметров смазочного действия трибоактивных компонентов масел капиллярную модель, позволяющую учитывать способность присадки к диффузии и адсорбции на поверхностях трения. В качестве модели элементарного смазочного процесса использовали единичный межповерхностный капилляр, находящийся в зоне фрикционного контакта на границе между поверхностями трения. Капилляр имеет один из концов, открытый к внешней смазочной среде. Такая его структура по предположению возникает при локальном микроскопическом разрушении смазочной пленки. Роль смазочного материала в этой модели состоит в бы-

стром заполнении капиллярной полости и образовании на ее стенках нового адсорбционного смазочного слоя. Расчеты позволяют предварительно сравнивать различные присадки по их ожидаемой антиизносной и антизадирной эффективности, что позволяет уменьшить объем натурных экспериментов по выбору адекватного состава смазочного масла.

Ключевые слова: смазочное масло, трибоактивная присадка, смазочное действие, смазочный слой, кинетика, адсорбция, диффузия, пожарная техника.

Современные триботехнические устройства, входящие в состав пожарной техники, требуют для длительной и безотказной эксплуатации выбора соответствующих современных смазочных материалов (далее СМ). Если для эксплуатации двигателей проблема выбора моторного масла жестко задается производителем, то для устройств, входящих в пожарную надстройку, для технической службы пожарной охраны в выборе масел существует определенная «степень свободы», позволяющая эксплуатационникам, опираясь на некоторые базовые рекомендации и многолетний опыт работы с обширными автомобильными парками в гарнизонах пожарной охраны, выбирать СМ, значительно более дешевые, нежели предлагаемые крупными наднациональными компаниями, но не уступающие последним по трибологическим характеристикам [1]. Главным образом, это касается трансмиссионных масел.

За последние десятилетия производителям этих СМ удалось достигнуть столь высокого качества продукта, которое позволяет для отдельных узлов трения (например, автомобильных коробок переключения передач) обеспечивать одной заправкой масла весь срок службы транспортного средства до капитального ремонта. Естественно, это сопровождается весьма высокой стоимостью такого СМ [2].

Трансмиссионные СМ содержат в своем составе, помимо прочего, присадки антифрикционного, антиизносного и антизадирного назначения. Научно обоснованный выбор СМ предполагает владение основными принципами и механизмами действия трибоактивных присадок, используемых для данного класса СМ. В первую очередь, описывая действие трибоактивных присадок, нужно исходить из того, что эффективность смазочного действия связана с процессом пленкообразования, точнее говоря, с кинетикой образования и разрушения защитных поверхностных пленок, свойствами этих тонких слоев. Это является критически важным для возникновения износа поверхностей трения, так как элементарный акт износа происходит лишь там и тогда, где и когда поверхностная пленка претерпевает разрыв.

Разумно предположить, что процесс изнашивания может происходить лишь в случае, когда нарушается баланс между скоростью образования и скоростью разрушения защитной пленки. Особенно этот фактор важен тогда, когда имеет место лимитированный доступ СМ на контактные площадки при высоком уровне контактных давлений. Эти условия характерны, в частности, для условий контакта в зубчатых передачах [3].

Как известно, адсорбция является одним из основных процессов, определяющих формирование смазочной пленки и ее восстановление после разрушения в процессе трения [4].

Основные принципы описания процесса формирования смазочных слоев из состава трибоактивного СМ были нами изложены ранее в работах [5, 6]. Наиболее существенными результатами этих исследований, на наш взгляд, являлись: 1) представление о кинетике и «стадийности» смазочного процесса; 2) формулирование «необходимого принципа смазочного действия»; 3) усовершенствование капиллярной модели смазочного действия («модель микрокапельного взрыва») с учетом процессов диффузии и адсорбции. Данный подход в наиболее полной мере учитывает нестационарный характер смазочного процесса при высоконагруженном контакте и кинетику затруднённого доступа смазочной среды в контактную зону.

В качестве модели элементарного смазочного процесса использовали единичный межповерхностный капилляр, находящийся в зоне фрикционного контакта на границе между поверхностями трения. Капилляр имеет один из концов, открытый к внешней смазочной среде. Такая его структура по предположению возникает при локальном микроскопическом разрушении смазочной пленки. Роль смазочного материала в этой модели состоит в быстром заполнении капиллярной полости и образовании на ее стенках нового адсорбционного смазочного слоя.

На основе имеющегося теоретического и экспериментального задела возникла задача построения математического описания процесса формирования граничного смазочного слоя с учетом молекулярных характеристик вещества трибоактивных присадок и физико-химических свойств контактирующих поверхностей инструмента и обрабатываемого материала. Целью моделирования явилось объяснение формы концентрационных и скоростных зависимостей эффективности трибоактивного СМ. Отличием данной системы моделей был, в частности, учет различия в адсорбционной способности контактирующих поверхностей трения [7].

В качестве модельного объекта рассмотрим систему единичного полуоткрытого капилляра на границе пятна контакта при наличии внешней среды, содержащей трибоактивный компонент (далее ТК) [8]. Механизм формирования смазочного слоя в таком капилляре представлен двумя базисными процессами

массопереноса: 1) диффузией трибоактивных молекул вглубь капилляра и 2) адсорбцией этого компонента на стенках. Пренебрегая диффузией (можно легко показать, что она пренебрежимо мала), получаем адсорбционную модель, учитывающую «разностенность» капилляра.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial n}{\partial t_1} + \frac{\partial \beta_1}{\partial t_1} + \frac{\partial \beta_2}{\partial t_1} &= \delta \frac{\partial^2 n}{\partial z_1^2} \\ \frac{\partial \beta_1}{\partial t_1} &= -(\beta_1 - \nu_1 n) \\ \frac{\partial \beta_2}{\partial t_1} &= -\varepsilon(\beta_2 - \nu_2 n) \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где n, β_1, β_2 – безразмерные концентрации ТК в объёме капилляра и на его стенках со стороны двух разных материалов пары трения соответственно; $z_1 = z / l_k$ – безразмерная координата (z – ось направленная вдоль капилляра в направлении его закрытого конца. ν_1, ν_2 – коэффициенты поверхностной активности (тангенс угла наклона изотермы адсорбции в координатах $\beta(n)$); $t_1 = t / \tau_{21}$ – безразмерное время; $\varepsilon = \tau_{21} / \tau_{22}$ – соотношение между временами адсорбции ТК на стружке τ_{22} и инструменте τ_{21} ; $\delta = \tau_{21} / \tau_1$ – соотношение между временем адсорбции на инструменте τ_{21} и временем диффузии τ_1 .

Поскольку время адсорбции лимитировано временем существования капилляра τ_k , получаем решение с учетом того, что $t_1 = \tau_k / \tau_{21}$:

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 &= \frac{\nu_1}{\sqrt{D}} \left[\left(1 + \frac{\gamma_1}{1 + \nu_1 + \nu_2} \right) \exp\left(\gamma_2 \frac{\tau_k}{\tau_{21}}\right) - \left(1 + \frac{\gamma_2}{1 + \nu_1 + \nu_2} \right) \exp\left(\gamma_1 \frac{\tau_k}{\tau_{21}}\right) \right] + \frac{\nu_1}{1 + \nu_1 + \nu_2} \\ \beta_2 &= \frac{\nu_2}{\sqrt{D}} \left[\left(\varepsilon + \frac{\gamma_1}{1 + \nu_1 + \nu_2} \right) \exp\left(\gamma_2 \frac{\tau_k}{\tau_{21}}\right) - \left(\varepsilon + \frac{\gamma_2}{1 + \nu_1 + \nu_2} \right) \exp\left(\gamma_1 \frac{\tau_k}{\tau_{21}}\right) \right] + \frac{\nu_2}{1 + \nu_1 + \nu_2} \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

На рис. 1 показана адсорбционная зависимость на поверхности стружки для определенного соотношения адсорбционной активности металлической пары. Характер зависимости удовлетворительно совпадает со скоростной зависимостью эффективности типичной поверхностно-активной присадки.

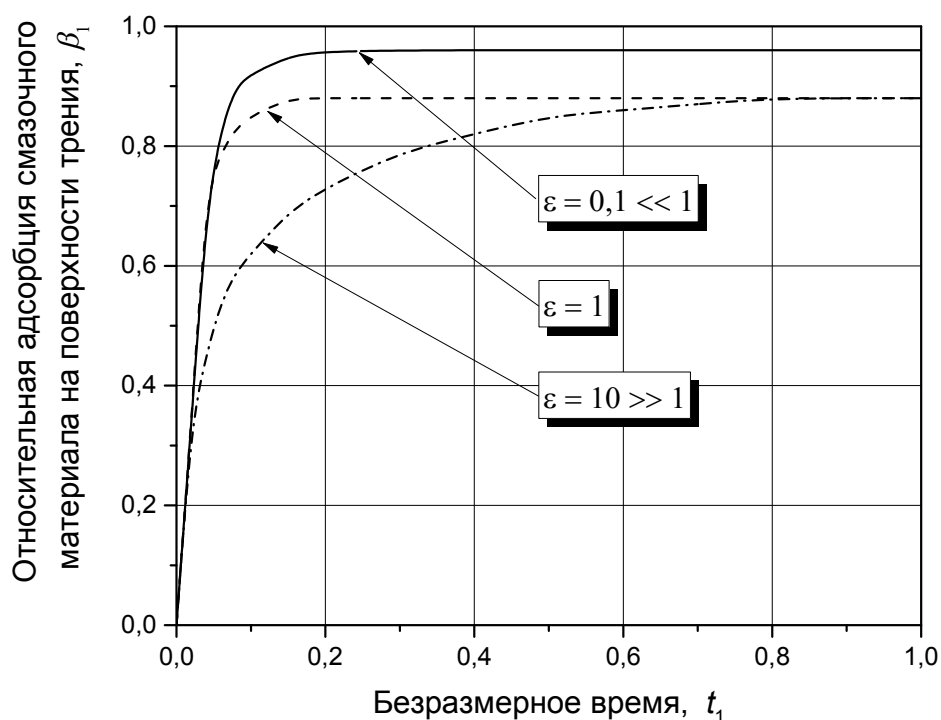


Рис. 1. Пример характеристики адсорбции трибоактивного компонента смазочного материала на поверхности трения β_1 в зависимости от безразмерного времени t_1 для случая: $\nu_1/\nu_2 = 30 \gg 1$

Для наглядной визуализации предложенной аналитической модели была создана соответствующая компьютерная программа. На рис. 2 показаны изображения процесса заполнения межповерхностного зазора пары трения частицами смазочного материала в фиксированный момент времени (рис. 2(I)) и картина формирования адсорбционного слоя этими же частицами на завершающем этапе (рис. 2(II)).

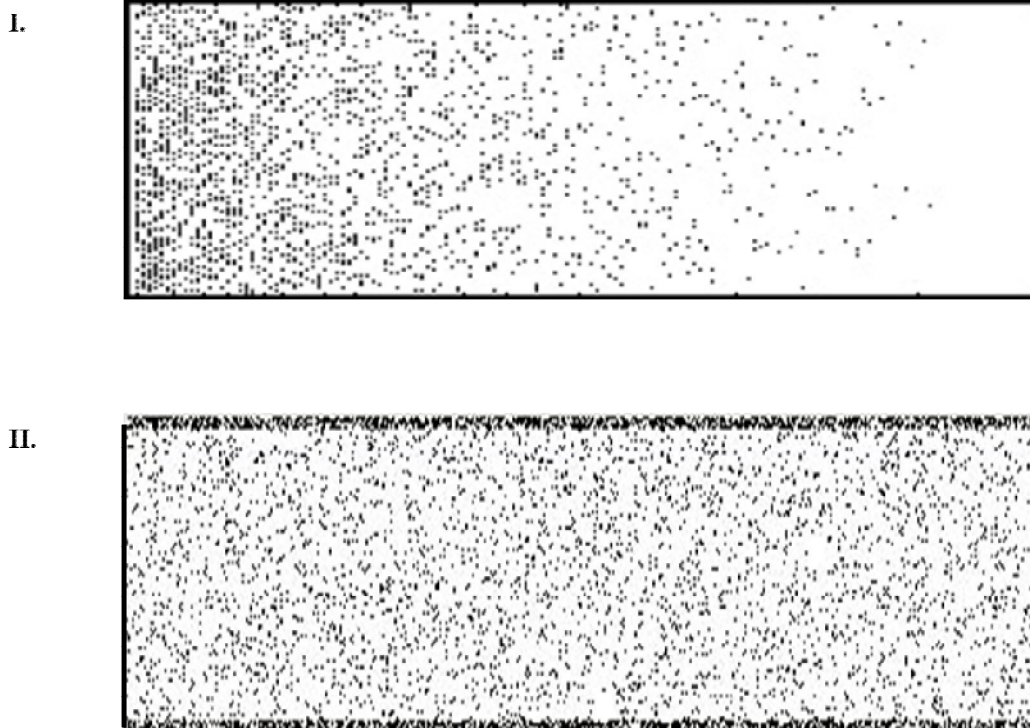


Рис. 2. Результаты компьютерного моделирования этапов смазочного процесса внутри единичного межповерхностного капилляра.

I – Процесс заполнения капилляра частицами внешней смазочной среды.

II – процесс адсорбции трибоактивных компонентов СМ на стенках капилляра

Заключение

В итоге моделирования получено удовлетворительное описание смазочного процесса, позволяющее объяснить возникновение критических скоростей и концентраций при применении трибоактивных присадок поверхностно-активного типа. Это даёт возможность целенаправленного выбора трибоактивных компонентов СМ, исходя из условий трения с учетом физико-химических характеристик трибоактивного компонента. Показано, что кинетика формирования граничного смазочного слоя в условиях лимитированного доступа смазочного материала на контактные площадки определяет антиизносное и антизадирное действие смазочного материала.

Применение предлагаемого расчета позволит предварительным образом сравнивать эффективность различных смазочных материалов, в результате чего появляется возможность обеспечить выбор лучших масел и присадок и уменьшить объем натурных испытаний. Результаты математического моделирования могут быть верифицированы специально поставленным натурным эксперимен-

том, либо путем применения развиваемого авторами в последние годы метода компьютерного молекулярного моделирования смазочных слоев [9, 10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Годлевский В. А., Титаев А. И., Шигорин С. А.* Современные трансмиссионные масла, рекомендуемые для узлов пожарной техники // Надежность и долговечность машин и механизмов: сб. мат. V Всеросс. научно-технич. конф. Иваново, 17–18 апреля 2014 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2014. С. 37–39.
2. *Заскалько П. П., Пучков В. Н.* Трансмиссионные и редукторные масла – важнейший конструкционный материал современных машин // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2009. № 4. С. 26–29.
3. *Годлевский В. А., Берёзина Е. В., Волков А. В.* Кинетика формирования адсорбционного граничного смазочного слоя в условиях ограниченного доступа смазочного материала // Трение и износ. 2007. Т. 28. № 1. С. 6–14.
4. *Buyanovskii I. A.* Boundary lubrication by an adsorption layer // Journal of friction and wear, 31 (2010), 33–47.
5. The Kinetic of Lubricant Penetration Action during Machining / V. A. Godlevski, A. V. Volkov, V. N. Latyshev [etc.] // Lubrication Science 9–2, February 1997. P. 127–140.
6. A description of lubrication action of the tribo-active components of cutting fluids / V. A. Godlevski, A. V. Volkov, V. N. Latyshev [etc.] // Lubrication Science 11–1. Nov. 1998. P. 51–62.
7. *Волков А. В.* Математическое моделирование смазочного действия СОТС при лезвийном резании: автореф. дисс. ... канд техн. наук. Иваново, 1996. 20 с.
8. Kinematical model of boundary lubrication layer formation in the cutting zone / V. A. Godlevski, A. V. Volkov, V. N. Latyshev [etc.] // Energy and Environmental Aspects of Tribology. 5th Int. Symp. INSYCONT'98. Cracow, Poland. Sept.16–18. 1998. P. 29–36.
9. Use of a Computer Molecular Simulation to Describe Lubricating Layer Structure / V. A. Godlevski, D. S. Fomichev, M. A. Shilov [etc.] // Journal of Friction and Wear, 2009, Vol. 30, No. 1, pp. 8–12.
10. A Software Complex for Molecular Simulation of Boundary Lubrication Layers / V. A. Godlevski, S. A. Kuznetsov, E. V. Berezina [etc.] // Journal of Friction and Wear, 2012, Vol. 33, No. 1, pp. 5–10.

Godlevskiy Vladimir Alexandrovich

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 Mikhail Alexandrovich

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: kolbashov@mail.ru

Moiseev Yuriy Nikolajevich

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

Tribo-active additives lubrication action adsorption model for friction units of fire- and rescue technique

Abstract. The right choice the tribo-active additives for lubricating oils applied in units and mechanisms of fire technique essentially influences parameters of reliability of inventory and cost of its operation. It is offered to use for calculation of lubricating action kinetic parameters of oils tribo-active components the capillary model, allowing to consider the ability of an additive to diffusion and adsorption on friction surfaces. Calculations allow beforehand comparing various additives by their expected anti-wear and anti-seizure efficiency that allows reducing the volume of natural experiments at the choice of adequate composition of lubricating oil.

Keywords: lubricating oil, tribo-active additive, lubricating action, lubricating layer, kinetics, adsorption, diffusion, fire technique.

REFERENCES

1. *Godlevskij V. A., Titaev A. I., Shigorin S. A.* Sovremennye transmissionnye masla, rekomenduemye dlja uzlov pozharnoj tehniki // Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mehanizmov: sb. mat. V Vseross. nauchno-tehnich. konf. Ivanovo, 17–18 aprelya 2014 g. Ivanovo: Ivanovskaja pozharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii, 2014. S. 37–39.
2. *Zaskal'ko P. P., Puchkov V. N.* Transmissionnye i reduktornye masla – vazhnejshij konstrukcionnyj material sovremennyh mashin // Trenie i smazka v mashi-nah i mehanizmah. 2009. № 4. S. 26–29.

3. Godlevskij V. A., Berjozina E. V., Volkov A. V. Kinetika formirovaniya adsorbcionnogo granichnogo smazochnogo sloja v uslovijah ogranichenogo dostupa smazochnogo materiala // *Trenie i iznos*. 2007. T. 28. № 1. S. 6–14.

4. Buyanovskii I. A. Boundary lubrication by an adsorption layer // *Journal of friction and wear*, 31 (2010), 33-47.

5. The Kinetic of Lubricant Penetration Action during Machining / V. A. Godlevski, A. V. Volkov, V. N. Latyshev [etc.] // *Lubrication Science* 9–2, February 1997. P. 127–140.

6. A description of lubrication action of the tribo-active components of cutting fluids / V. A. Godlevski, A. V. Volkov, V. N. Latyshev [etc.] // *Lubrication Science* 11–1. Nov. 1998. P. 51–62.

7. Volkov A. V. Matematicheskoe modelirovanie smazochnogo dejstvija SOTS pri lezvijnom rezanii: avtoref. diss. ... kand tehn. nauk. Ivanovo, 1996. 20 s.

8. Kinematical model of boundary lubrication layer formation in the cutting zone / V. A. Godlevski, A. V. Volkov, V. N. Latyshev [etc.] // *Energy and Environmental Aspects of Tribology. 5th Int. Symp. INSYCONT'98. Cracow, Poland. Sept.16–18. 1998. P. 29–36.*

9. Use of a Computer Molecular Simulation to Describe Lubricating Layer Structure / V. A. Godlevski, D. S. Fomichev, M. A. Shilov [etc.] // *Journal of Friction and Wear*, 2009, Vol. 30, No. 1, pp. 8–12.

10. A Software Complex for Molecular Simulation of Boundary Lubrication Layers / V. A. Godlevski, S. A. Kuznetsov, E. V. Berezina [etc.] // *Journal of Friction and Wear*, 2012, Vol. 33, No. 1, pp. 5–10.

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

УДК 621.01 + 621.2.082.18

Топоров Алексей Валерьевич

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

Доцент

Кандидат технических наук

E-mail: ironaxe@mail.ru

SPIN-код автора РИНЦ 5405-4469

Киселев Вячеслав Валерьевич

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

Начальник кафедры

Кандидат технических наук

Доцент

E-mail: Slavakis76@mail.ru

SPIN-код автора РИНЦ 8663-7415

Пучков Павел Владимирович

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

Старший преподаватель

Кандидат технических наук

E-mail: palpuch@mail.ru

SPIN-код автора РИНЦ 9614-1514

Выбор наиболее рациональной конструкции магнитной системы комбинированного магнитожидкостного уплотнения

Аннотация. При разделении нескольких сред в различных технических устройствах возникает проблема герметизации подвижных соединений. В подвижных соединениях кинематических пар герметизация может быть достигнута только путем применения специальных уплотнительных устройств. Уплотнениями называются устройства для разделения пространств с различными давлениями, рабочими средами и температурами. Они предотвращают проникновение посторонних частиц в рабочую среду и исключают утечку уплотняемой среды из корпуса уплотняемого узла. Уплотнительные устройства применяются в различных отраслях техники, поэтому номенклатура уплотнений исключительно широка, а требования и условия эксплуатации разнообразны.

В большинстве случаев конструирование комбинированных магнитоэлектрических уплотнений проводится на основе опыта и интуиции инженеров, применявших при их разработке и общие методы проектирования деталей машин. Однако такой подход не позволяет получить конструкции, имеющие наилучшие рабочие характеристики. Поскольку в уплотнениях этого типа магнитная жидкость может выступать не только в роли уплотняющей среды, но также выполнять другие функции, например смазки трущихся частей уплотнения, возникает необходимость проведения магнитных расчетов таких уплотнений. В работе проведен анализ расчетов магнитных систем комбинированных магнитоэлектрических уплотнений, выполненных методом конечных элементов. На основе расчетов выбрана наиболее рациональная конструкция.

Ключевые слова: комбинированное магнитоэлектрическое уплотнение; магнитная жидкость; магнитная система; проектирование деталей машин; смазка трущихся частей; уплотнение; уплотняющая среда; комбинированное уплотнение; метод конечных элементов.

В большинстве случаев конструирование комбинированных магнитоэлектрических уплотнений (далее КМЖУ) проводится на основе опыта и интуиции инженеров, применявших при их разработке и общие методы проектирования деталей машин. Однако такой подход не позволяет получить конструкции, имеющие наилучшие рабочие характеристики. Поскольку в уплотнениях этого типа магнитная жидкость может выступать не только в роли уплотняющей среды, но также выполнять другие функции, например смазки трущихся частей уплотнения, возникает необходимость проведения магнитных расчетов таких уплотнений, на основании которых делается выбор о наиболее рациональной конструкции.

Основными характеристиками КМЖУ являются величина удерживаемого перепада давлений ΔP и момент трения $M_{тр}$. Для КМЖУ эти показатели находятся в непосредственной зависимости от величины магнитной индукции и ее распределения в рабочем зазоре. В свою очередь, величина индукции и ее распределение определяются конфигурацией магнитной системы уплотнения.

Магнитная система включает в себя источник магнитного поля и магнитопровод. В качестве источника магнитного поля в КМЖУ используются постоянные магниты. Магниты могут быть намагничены как в осевом, так и в радиальном направлении. Вектор намагниченности постоянного магнита может оказывать влияние на величину и распределение магнитной индукции в уплотнении. Магнитопровод может включать в себя как специально предназначенные для проведения магнитного потока элементы, так и магнитопроводящие части традиционного уплотнения, входящего в состав КМЖУ.

В настоящее время существует ряд конструкций КМЖУ, имеющих различные магнитные системы. Выбрать наиболее рациональную конструкцию можно лишь на основании ее магнитного расчета.

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 [1].

Стороны треугольных элементов, на которые разбивается построенная расчетная область КМЖУ с непрерывно изменяющимися параметрами, совпадают с границами раздела сред, имеющих разную магнитную проницаемость. Магнитная индукция и проницаемость принимаются одинаковыми в любой точке каждого элемента. Данное допущение тем справедливее, чем большее число элементов содержит вся область. Поэтому в областях со значительным изменением градиента магнитного поля необходимо производить разбиение расчетной области на большее число треугольных элементов. В данной работе для расчета магнитных полей использовалась система FEMM 4.2, реализующая метод конечных элементов для расчета магнитных систем.

Основными результатами расчета магнитного поля являются распределение магнитной индукции и картина магнитного поля. По этим параметрам возможно провести оценку магнитной системы уплотнения.

Критериями оценки в этом случае являются:

1. Максимальная величина магнитной индукции в рабочей области уплотнения.
2. Распределение магнитного поля в рабочей зоне уплотнения.

Первый критерий обуславливает герметичность магнитной ступени КМЖУ, поскольку именно этот показатель влияет на удерживаемый перепад давлений. Критерий 2 вытекает из условия наличия магнитной жидкости в области трения уплотнения, т.к. в этом случае его рабочие характеристики могут быть улучшены за счет использования магнитной жидкости (далее МЖ) в качестве смазки.

Для анализа были выбраны конструкции КМЖУ, состоящие из манжетного уплотнения, снабженного магнитной системой [2, 3]. Такие уплотнения наиболее просты и не требуют серьезного изменения конструкции манжеты. Они могут быть получены путем помещения в стандартное манжетное уплотнение [4] источников магнитного поля и магнитопровода.

В соответствии с методом расчета магнитного поля на основании конструкций уплотнений были построены расчетные области, проведена их триангуляция.

При расчетах принималось, что источниками магнитного поля являются постоянные феррит-стронциевые магниты 24СА200, материал вала – сталь 45, материал арматуры манжеты – сталь 20, материал пружины – сталь 45.

В результате расчетов было получено распределение магнитной индукции и картины магнитного поля для всех расчетных областей.

На рис. 1 представлена картина магнитного поля и кривая распределения магнитной индукции вдоль вала для КМЖУ, имеющего в качестве источников магнитного поля постоянные магниты, установленные между внешней кромкой манжеты и ее пружиной. Анализируя картину магнитного поля, можно прийти к выводу, что основной магнитный поток шунтируется арматурой манжеты и лишь небольшая его часть, протекая через пружину, пересекает рабочий зазор. Следствием этого является крайне низкая величина магнитной индукции под кромкой манжеты, порядка 0.07 Тл.

При таком значении перепад давлений, удерживаемый магнитной ступенью уплотнения, настолько мал (при $M_s = 30 \text{ Ка/м}$, $\Delta P = 0.02 \text{ атм}$), что им можно пренебречь. При работе уплотнения неизбежно разбрызгивание магнитной жидкости вследствие вибрации. С течением времени возможно полное исчезновение МЖ из рабочей области, поскольку возникающих магнитных сил явно недостаточно, чтобы втянуть МЖ обратно в область трения. В этом случае эффект от применения МЖ в качестве смазки будет минимален.

На рис. 2, 3 представлены картины магнитных полей для уплотнения с установленными на валу по обе стороны рабочей кромки манжеты постоянными магнитами.

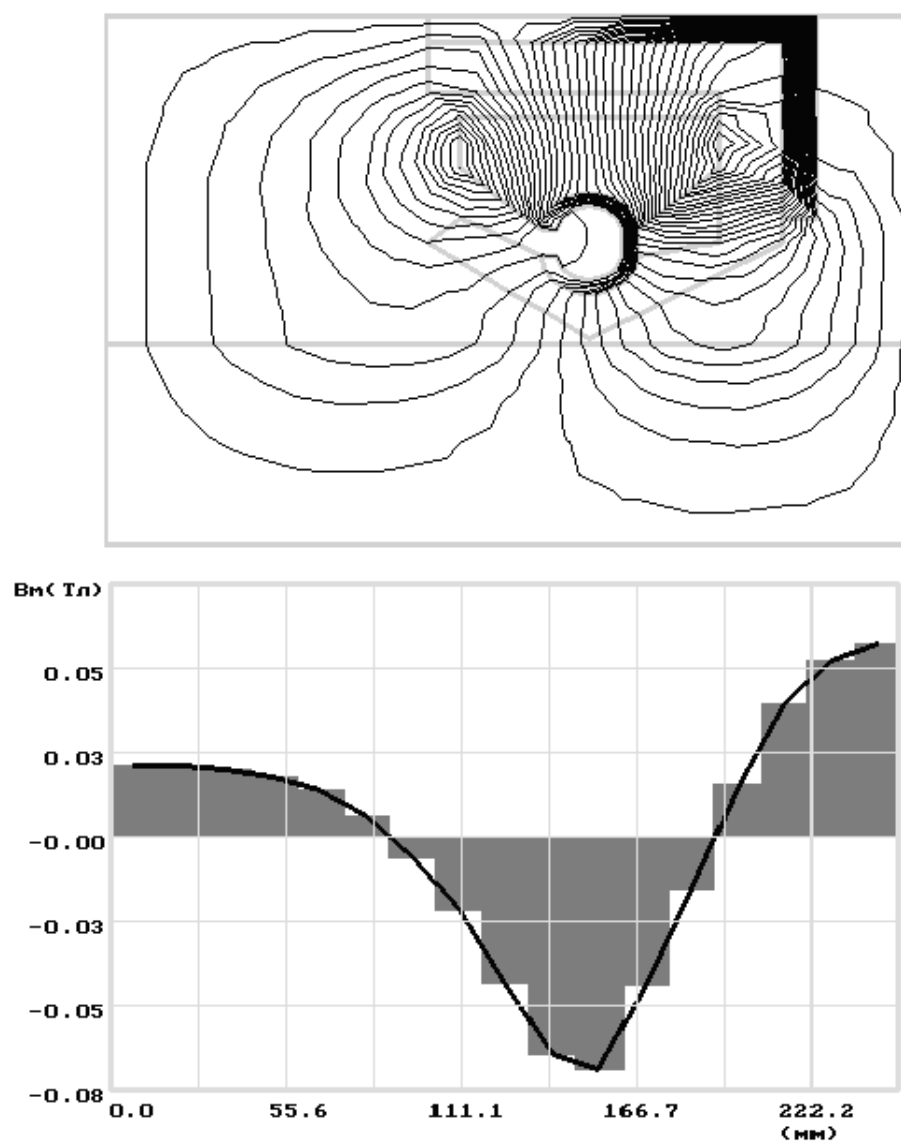
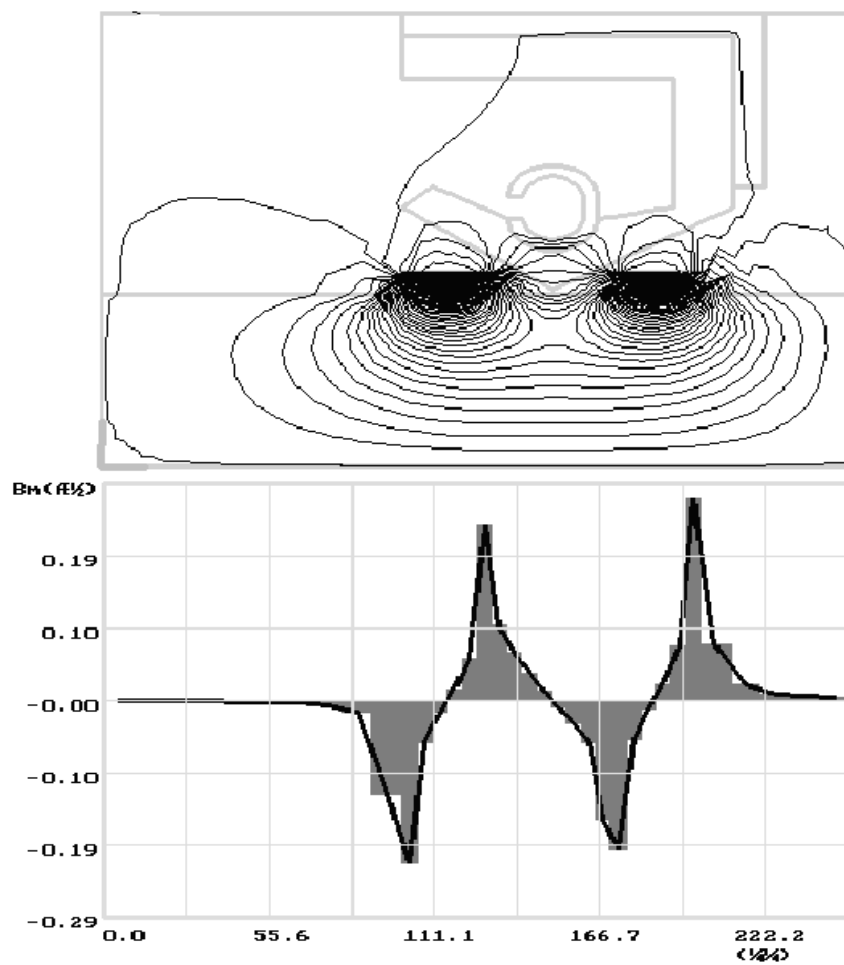
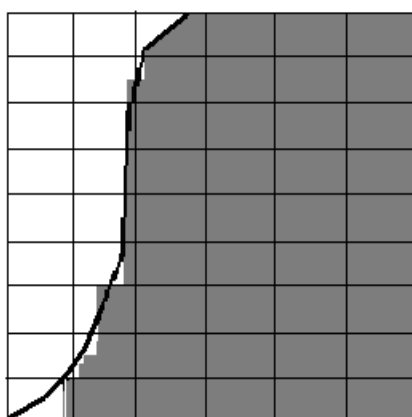


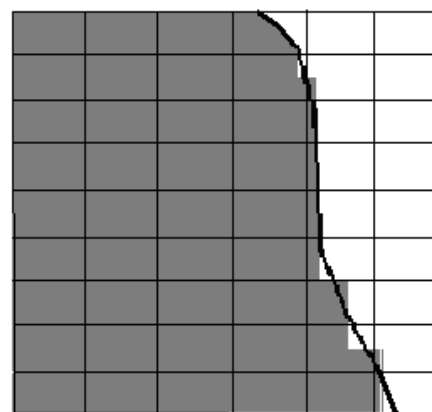
Рис. 1. Картина магнитного поля и кривая распределения индукции по поверхности вала



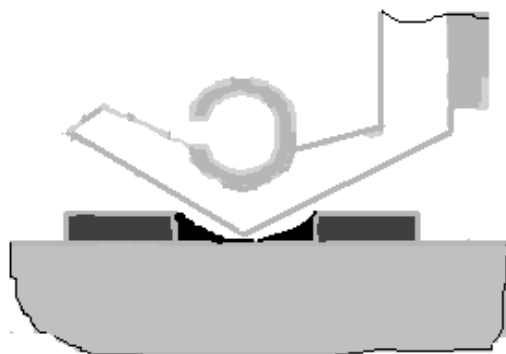
а



б



в



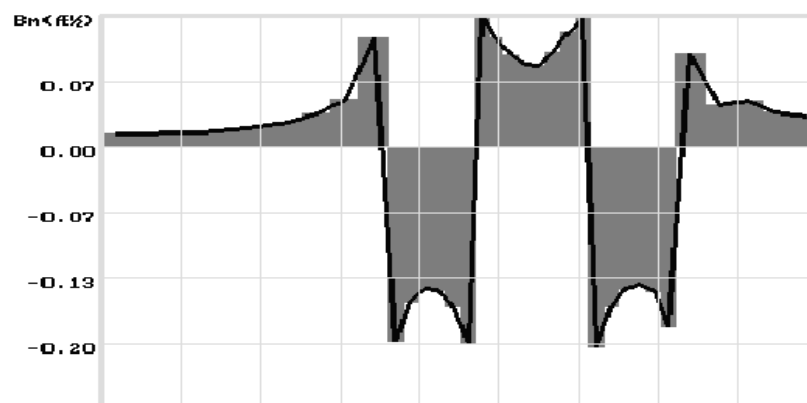
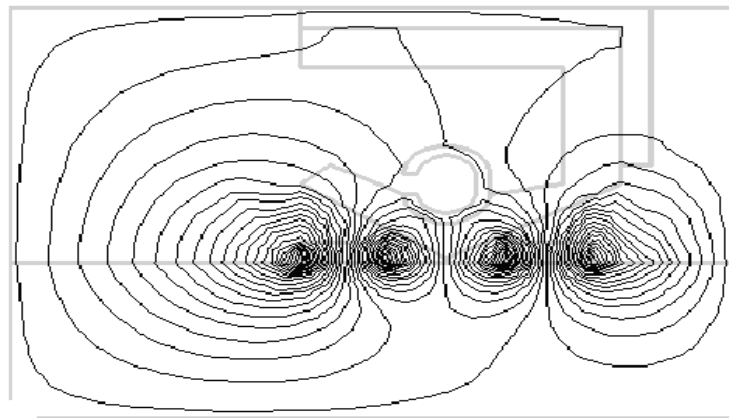
г

Рис. 2. Магнитный расчет уплотнения:

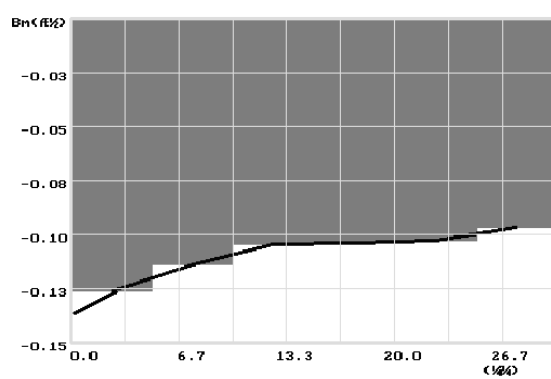
- а – картина магнитного поля и кривая распределения индукции по поверхности вала,
б, в – распределение индукции по торцам магнитов,
г – положение МЖ в рабочей области

В том случае, когда вектор намагниченности направлен вдоль вала, линии магнитного поля, концентрируясь на углах и боковых гранях магнитов, замыкаются через вал и пружину уплотнения, минуя рабочую область (рис. 2). Величина магнитной индукции в этом случае имеет наибольшее значение, порядка 0.2Тл, в областях, находящихся в непосредственной близости от боковых граней магнитов. Магнитная индукция под кромкой манжеты равна 0 (рис. 2 а). Чтобы представить, какое именно положение займет помещенная в рабочий зазор МЖ, необходимо рассмотреть распределение индукции по торцам магнитов, обращенных к рабочей кромке (рис. 2 б, в). Как видно из кривых, наибольшее значение индукции, порядка 0.2 Тл соответствует области вблизи вала и уменьшается по мере удаления от него.

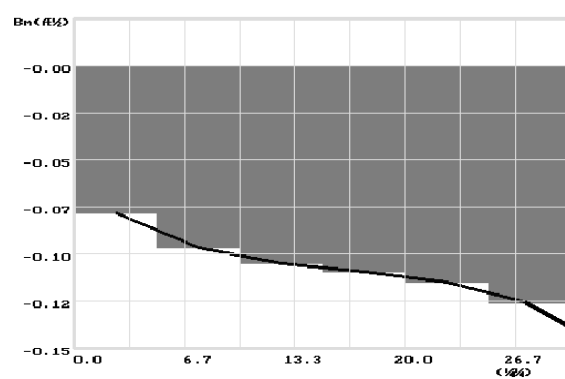
Основываясь на распределении магнитной индукции в рабочей области уплотнения, можно сказать, что МЖ займет положение в углах, образованных боковыми гранями магнитов и валом (рис. 2 г). Под кромкой манжеты МЖ будет либо отсутствовать вовсе, либо находиться в небольшом количестве. Как видно из представленного рисунка, в данной конструкции магнитожидкостные уплотнительные пробки, а следовательно, и магнитная ступень уплотнения отсутствуют. Эффект от смазочного действия МЖ также минимален, поскольку она слабо удерживается в области трения.



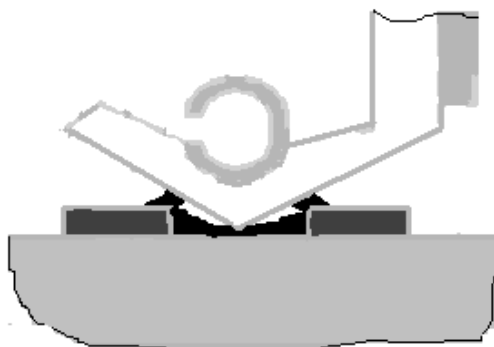
а



б



в



г

Рис. 3. Магнитный расчет уплотнения:

а – картина магнитного поля и кривая распределения индукции по поверхности вала,
б, в – распределение индукции по наружным граням магнитов,
г – положение МЖ в рабочей области

Картина магнитного поля коренным образом меняется при намагниченности магнитов в радиальном направлении (рис. 3). Магнитная индукция в рабочем зазоре уплотнения достигает 0.1–0.13 Тл, и наблюдается некоторое снижение индукции под кромкой манжеты (рис. 3 а). Для данной конструкции представляет интерес распределение индукции по наружным граням магнитов, обращенным к манжетному уплотнению. Как видно из кривых (рис. 3 б, в), наибольшее значение индукции – порядка 0.2 Тл – соответствует углам магнитов, обращенным к манжете. Магнитная жидкость, помещенная в рабочий зазор, под действием магнитных сил будет стремиться к области с наибольшей индукцией. Положение МЖ в рабочем зазоре показано на рис. 3 г. МЖ будет надежно удерживаться в области трения, обеспечивая смазывание трущейся кромки манжеты. Дополнительные магнитожидкостные пробки 1 и 2 (см. рис. 3) будут защищать рабочую область от попадания в нее пыли, влаги, частиц загрязнения.

На рис. 4 представлена картина магнитного поля и кривая распределения индукции для уплотнения с радиально намагниченным постоянным магнитом, установленным под рабочей кромкой манжеты (в этом случае представленная кривая распределения индукции соответствует уровню грани магнита, обращенной к рабочей кромке манжеты, показанному на рис. 4 штриховой линией). Из представленного рисунка видно, что основная часть линий магнитного поля пересекает рабочий зазор. Величина магнитной индукции под кромкой манжеты остается практически постоянной и достигает 0.15 Тл. Магнитная жидкость

надежно удерживается в области трения, обеспечивая смазывание кромки манжеты. МЖ, проникая в зазор между валом и магнитом, будет обеспечивать его герметизацию.

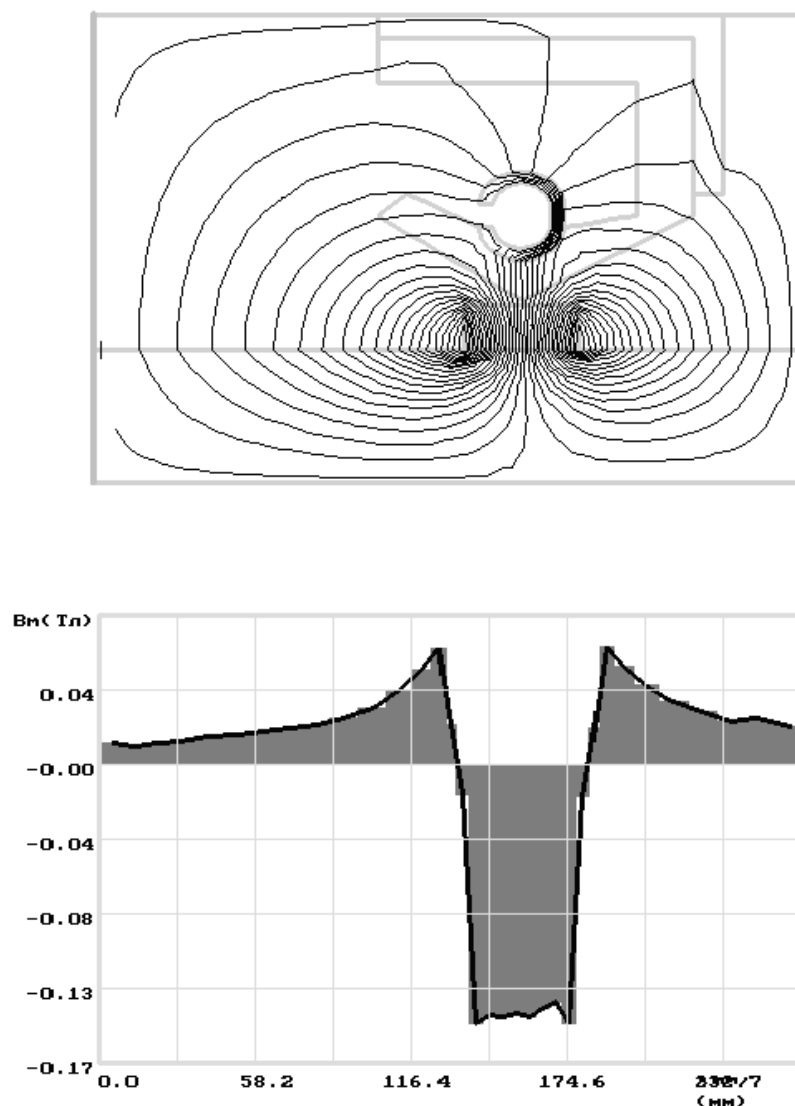


Рис. 4. Картина магнитного поля и кривая распределения индукции в рабочей области уплотнения на уровне наружной грани магнита

Применение в манжетном уплотнении намагниченной пружины практически не влияет на его работоспособность, поскольку величины магнитной индукции в рабочем зазоре, порядка 0.04 Тл (рис. 5), недостаточно для надежного удержания МЖ.

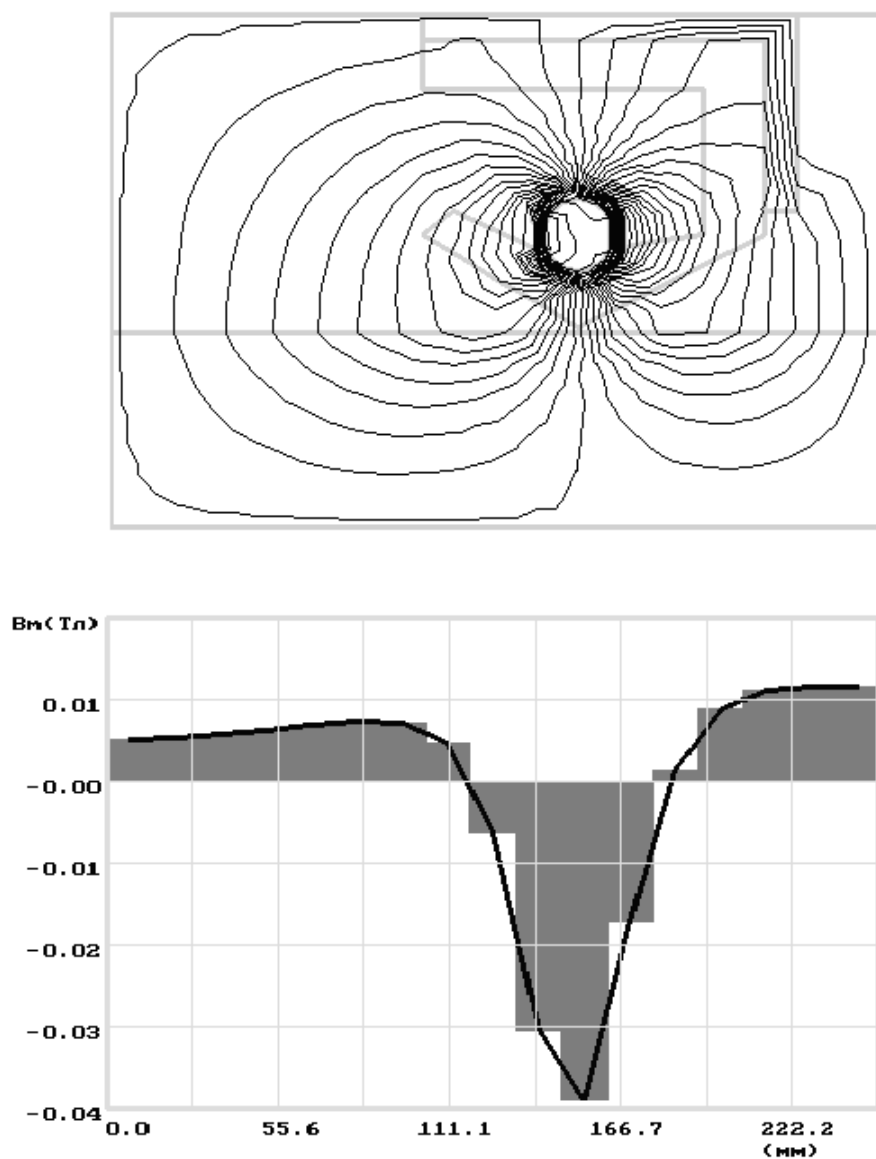


Рис. 5. Картина магнитного поля и кривая распределения индукции по поверхности вала

На рис. 6 и 7 представлены картины магнитных полей для уплотнений с установленным между кромкой манжеты и пыльником магнитным элементом.

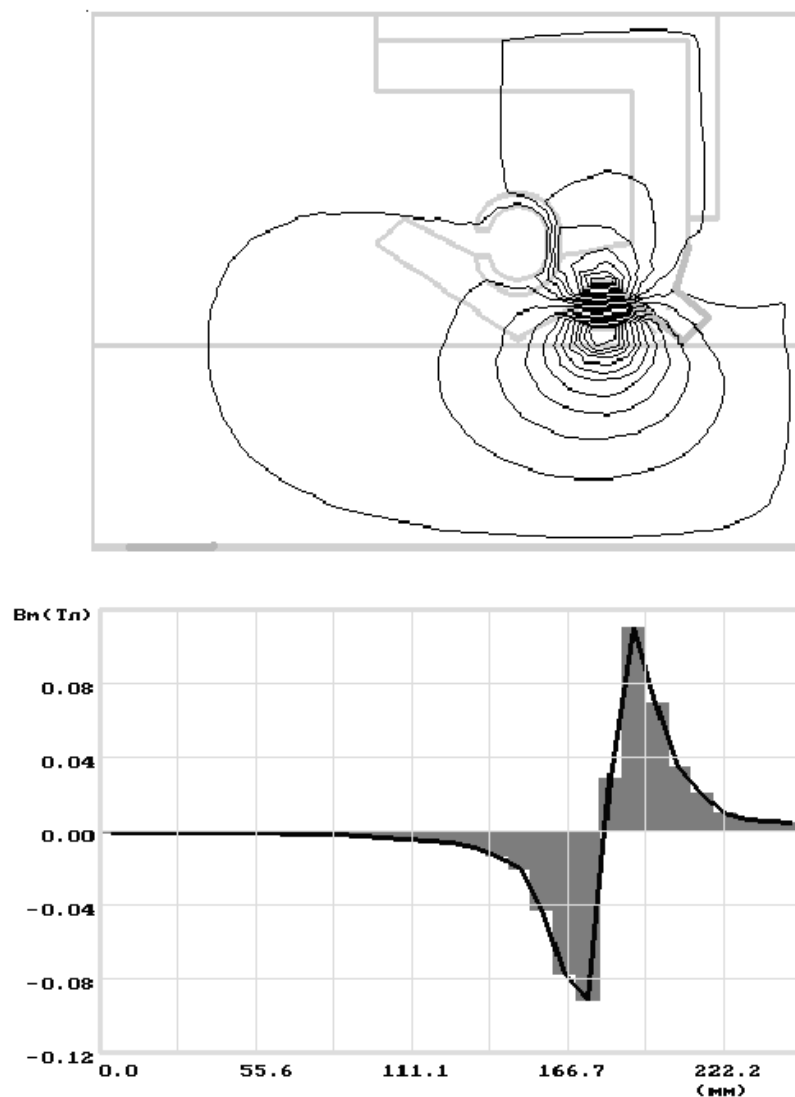


Рис. 6. Картина магнитного поля и кривая распределения индукции по поверхности вала

В случае осевой намагниченности, которая представлена на рис. 6, в рабочем зазоре возникают две области, максимальная индукция в которых составляет 0.07 Тл. Удерживаемый магнитной ступенью перепад давлений составляет (при $M_s = 30$ кА/м, для двух концентрации МЖ $\Delta P \cong 0.04$ атм).

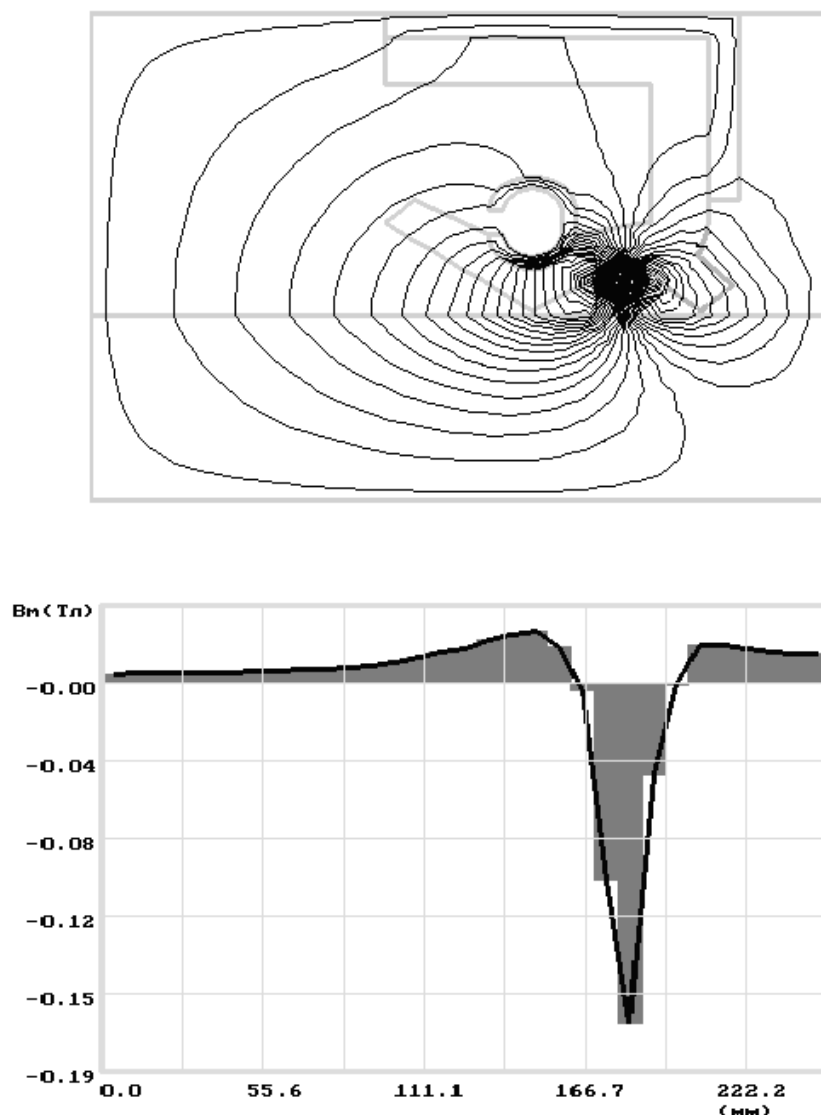


Рис. 7. Картина магнитного поля и кривая распределения индукции по поверхности вала

В таком уплотнении МЖ защищена кромкой манжеты и пыльником от воздействий внешней среды.

При радиальной намагниченности магнита (рис. 7) максимальная индукция в рабочем зазоре достигает 0.18 Тл. Для этого случая ΔP составляет $\cong 0.06$ атм (при $M_c = 30$ кА/м). При достаточном количестве МЖ она заполняет пространство между кромкой, пыльником и валом, постоянно присутствуя в областях трения.

Магнитная сила, удерживающая МЖ в рабочем зазоре для конструкции с осевой намагниченностью, будет меньше, чем для системы с радиальной намагниченностью, т.е. во втором случае МЖ в рабочей области будет удерживаться более надежно.

При анализе результатов магнитного расчета комбинированных магнито-жидкостных уплотнений установлено, что магнитные системы, состоящие из магнитов, помещенных между внешней кромкой манжеты и намагниченной пружиной, или помещенные между кромкой и пыльником, намагниченным в осевом направлении (рис. 1, 5, 7), не обеспечивают достаточной величины магнитной индукции в рабочем зазоре уплотнения.

В уплотнении с намагниченными в осевом направлении постоянными магнитами, установленными по обе стороны от рабочей кромки манжеты, распределение магнитного поля таково, что МЖ концентрируется за пределами рабочей зоны.

Применение магнитов с радиальной намагниченностью позволяет добиться концентрации МЖ в области трения и создать магнито-жидкостные пробки, защищающие рабочую зону от загрязнения. Источники магнитного поля в этой конструкции не выступают за габариты уплотнения, поэтому оно может быть установлено взамен традиционного без внесения изменений в конструкцию уплотняемого узла.

Установка радиально намагниченного магнита на валу под кромкой манжеты также позволяет добиться достаточного значения магнитной индукции и обеспечить концентрацию МЖ в рабочей области. Недостатком конструкции данного уплотнения является необходимость замены ранее установленной манжеты, на уплотнение, имеющее больший внутренний диаметр, соответствующий наружному диаметру постоянного магнита, что не всегда возможно. При установке на вал постоянного магнита необходимо обеспечить соответствующее значение эксцентриситета, поскольку при его повышенном значении рабочие характеристики как манжеты, так и магнитной ступени уплотнения резко ухудшаются [1].

Установка радиально намагниченного магнита между пыльником и губкой манжеты обеспечивает приемлемое значение индукции (порядка 0.18 Тл) в рабочем зазоре уплотнения, достаточное для удержания МЖ. Магнитный элемент не выходит за габариты манжеты. Такое уплотнение может быть установлено взамен традиционного практически в любое устройство.

Таким образом, установка с использованием радиально намагниченного магнита и соответствующего уплотнения имеет наиболее рациональную конструкцию магнитной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сайкин М. С.* Магнитожидкостные герметизаторы технологического оборудования: монография. СПб.: Издательство «Лань», 2017. 136 с.
2. U.S. Patent 4, 171, 818 Dynamic lip seal using ferrofluids as sealant / Lubricant.
3. Магнитные жидкости в машиностроении / Д. В. Орлов [и др.]; под общ. ред. Д. В. Орлова, В. В. Подгоркова. М.: Машиностроение, 1993. 272 с.
4. Уплотнения и уплотнительная техника: справочник / А. А. Кондаков [и др.]; под общ. ред. А. И. Голубева, Л. А. Кондакова. М.: Машиностроение, 1986. 464 с.
5. *Rosensweig R. E.* Ferrohydrodynamics. Cambridge, MA: Cambridge University Press, 1985.
6. *Farheen N. Sayed, Vivek Polshettiwar.* Facile and Sustainable Synthesis of Shaped Iron Oxide Nanoparticles: Effect of Iron Precursor Salts on the Shapes of Iron Oxides // Scientific Reports. 2015. Vol. 5. Article number: 9733.
7. Исследование температурной стабильности высококоэрцитивных постоянных магнитов из сплавов на основе РЗМ // Отчёт о НИР КБ ПМ г. Владимир, 1984–1985 г. НИР ГО 1840011–3Г76, УДК 621.318.2: 669.85/86: 621.318.8 № гос. регистрации 01.84.0064501. Владимир, 1985.
8. *Миткевич А. В.* Стабильность постоянных магнитов. Л.: Энергия, 1971. 270 с.
9. *Тихонов А. И., Казаков Ю. Б., Мостейкис В. С.* Интегрированная система генерации двухмерной конечно-элементной модели двигателей серии 4П // Современное состояние проблемы и перспективы энергетики и технологии в энергостроении (IV Бернардосовские чтения): тез. докл. Всесоюз. научно-техн. конференции. Иваново, 1989. С. 70.
10. *Одзаки К.* Магнитожидкостные уплотнения / пер. с японского. М.: (ВУП), 1991. с. 2–12.
11. *Martis R.* Permanent magnetic materials with low reversible temperature coefficient // IEEE Trans on mag. 1979. T 15. № 2. P. 948–950.

Toporov Aleksei Valerievich

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

Kiselev Vyacheslav Valerievich

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

Puchkov Pavel Vladimirovich

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: palpuch@mail.ru

The choice of the most rational design of the magnetic system of a combined magnetic fluid seal

Abstract. The separation of multiple environments for a variety of technical devices, the problem of sealing the movable joints. In the movable joints of the kinematic pairs of sealing can only be achieved by applying special sealing devices. Seals are devices to separate the spaces with different pressures, working environments and temperatures. They prevent the penetration of foreign particles in the working environment and to prevent leakage of the sealing medium from the housing sealing of the node. The sealing devices are applied in various branches of engineering, so the item seals are exceptionally wide, and the requirements and operating conditions varied.

In most cases, the design of a combined magnetic fluid seals is based on the experience and intuition of engineers who have used in their design and common design methods of machine parts. However, this approach does not allow obtaining structures with better performance. Since seals of this type, magnetic fluid may act not only as a sealing medium, but also perform other functions, such as lubrication of the rubbing parts of the seal, there is a need for magnetic calculations of such seals. In work the analysis and calculations of magnetic systems the combined magnetic fluid seals performed by the finite element method. Based on the calculations we have chosen the most rational design.

Keywords: combined magneto-fluidic seal; magnetic fluid; magnetic system; design of machine components; lubrication of rubbing parts; seal; sealing medium; the combined compaction; finite element method.

REFERENCES

1. *Sajkin M. S.* Magnitozhidkostnye germetizatory tehnologicheskogo oborudovaniya: monografiya. SPb.: Izdatel'stvo «Lan'», 2017. 136 s.
2. U.S. Patent 4, 171, 818 Dynamic lip seal using ferrofluids as sealant / Lubricant.
3. Magnitnye zhidkosti v mashinostroenii / D. V. Orlov [i dr.]; pod obshh. red. D. V. Orlova, V. V. Podgorkova. M.: Mashino-stroenie, 1993. 272 s.
4. Uplotneniya i uplotnitel'naya tehnika: spravochnik / A. A. Kondakov [i dr.]; pod obshh. red. A. I. Golubeva, L. A. Kondakova. M.: Mashinostroenie, 1986. 464 s.
5. *Rosensweig R. E.* Ferrohydrodynamics. Cambridge, MA: Cambridge University Press, 1985.
6. *Farheen N. Sayed, Vivek Polshettiwar.* Facile and Sustainable Synthesis of Shaped Iron Oxide Nanoparticles: Effect of Iron Precursor Salts on the Shapes of Iron Oxides // Scientific Reports. 2015. Vol. 5. Article number: 9733.
7. Issledovanie temperaturnoj stabil'nosti vysokokojercitivnyh postojannyh magnetov iz splavov na osnove RZM // Otchjot o NIR KB PM g. Vladimir, 1984–1985 g. NIR GO 1840011–3G76, UDK 621.318.2: 669.85/86: 621.318.8 № gos. registracii 01.84.0064501. Vladimir, 1985.
8. *Mitkevich A. V.* Stabil'nost' postojannyh magnetov. L.: Jenergija, 1971. 270 s.
9. *Tihonov A. I., Kazakov Ju. B., Mostejkis V. S.* Integrirovannaja sistema generacii dvuhmernoj konechno-jelementnoj modeli dvigatelej serii 4P // Sovremen-noe sostojanie problemy i perspektivy jenergetiki i tehnologii v jenergostroenii (IV Bernardosovskie chtenija): tez. dokl. Vsesojuzn. nauchno-tehn. konferencii. Ivano-vo, 1989. S. 70.
10. *Odzaki K.* Magnitozhidkostnye uplotneniya / per. s japonskogo. M.: (VUP), 1991. s. 2–12.
11. *Martis R.* Permanent magnetic materials with low reversible temperature coefficient // IEEE Trans on mag. 1979. T 15. № 2. P. 948–950.

Рецензент: доцент кафедры технологических машин и оборудования, кандидат технических наук, доцент С. А. Егоров (ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»)

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

УДК 544.623

Гришина Елена Павловна

ФГБУН «Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН», Россия, Иваново

Главный научный сотрудник

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

Профессор

Доктор технических наук

Доцент

E-mail: EPGrishina@yandex.ru

http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=48138

Кудрякова Надежда Олеговна

ФГБУН «Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН», Россия, Иваново

Научный сотрудник

Кандидат технических наук

E-mail: kno@isc-ras.ru

http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=743304

Предеин Александр Николаевич

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

Адъюнкт

Беляев Сергей Валерьевич

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

Заведующий кафедрой

Кандидат химических наук

E-mail: Sergej_Belyaev@mail.ru

http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=57534&pubrole=100&show_refs=1

Чеснокова Любовь Николаевна

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

Старший преподаватель

Кандидат химических наук

E-mail: michura@bk.ru

https://elibrary.ru/author_items.asp

SPIN-код автора: 3028-8082

https://elibrary.ru/author_info.asp?isold=1

Исследование коррозионной активности пенообразователей в пожарной технике

Аннотация. Углеродистые стали Ст3, Ст20 широко применяются для изготовления оборудования, применяемого в пожаротушении. В частности, из таких сталей изготавливают баки для хранения пенообразователей и баки-дозаторы для автоматических систем пожаротушения, а также ряд комплектующих к ним (фланцы, патрубки и т.п.). В данной работе изучено влияние концентрации пенообразователя целевого назначения ПО-6ЦТ на свойства растворов с концентрацией 1, 3 и 6 об. %, а также на коррозионное поведение стали Ст3 в этих растворах. Установлено, что pH водных растворов ПО-6ЦТ при хранении в инертной таре (полипропилен) претерпевает существенные изменения: через 4 месяца pH растворов снижается более чем на 1. Растворы, контактирующие со сталью Ст3, уже через 10 дней приобретают хорошо выраженную кислую реакцию, значения pH при этом выходят за нижнюю границу допустимого диапазона, снижаясь с 7.2 до 6.1 (1 об.%), с 7.7 до 5.8 (3 об.%) и с 7.8 до 6.2 (6 об.%).

Интенсивному коррозионному разрушению подвергается вся поверхность стали Ст3, находящейся в контакте с концентратом и водными растворами пенообразователя. Сплошная коррозия стали наблюдается в растворе и на границе раздела фаз раствор/воздух. Поверхность металла, находящаяся в парах раствора ПО, подвергается язвенной коррозии. Степень коррозионного повреждения существенно возрастает при снижении концентрации пенообразователя. Прогрессирующее развитие коррозионного процесса связано с неуклонным снижением поляризационного сопротивления металла. Появление и накопление продуктов коррозии в растворах, их взаимодействие с компонентами раствора приводит к существенному неблагоприятному изменению одного из основных внешних факторов коррозии – pH среды. Постепенное закисление раствора способствует повышению растворимости продуктов коррозии стали, нарушению ее пассивного состояния.

Ключевые слова: пенообразователь для пожаротушения, концентрат, водные растворы, водородный показатель, сталь Ст3, коррозия, коррозионный потенциал, поляризационное сопротивление, влияние концентрации пенообразователя.

1. ВВЕДЕНИЕ

Пенообразователи (далее ПО) для тушения пожаров подразделяются на две основные группы – пенообразователи общего и целевого назначения [1]. В

настоящее время на рынке широко представлены пенообразователи обеих групп на основе синтетических углеводородных анионных поверхностно-активных веществ со стабилизирующими добавками (тип S). В частности, пенообразователь ПО-6ЦТ (ТУ 0258-148-05744685-98) является синтетическим углеводородным биоразлагаемым пенообразователем целевого назначения с повышенной огнетушащей способностью и предназначен для тушения пожаров классов А (горение твердых веществ) и В (горение легковоспламеняющихся и горючих жидкостей) с применением пены низкой, средней и высокой кратности. Пенообразователи поставляются потребителям в виде концентрата, а рабочая концентрация такого пенообразователя варьируется в диапазоне от 0.5 % до 6 % [1].

Хранение ПО типа S допускается в емкостях, изготовленных из стали марки Ст3. При оптимальной температуре коррозионная активность концентрата пенообразователей по отношению к Ст3 не должна превышать $(0,5-2,0) \times 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, а срок хранения концентрата в емкостях из Ст3 при температуре 20°C должен составлять не менее 5 лет [2]. Хранение растворов с рабочей концентрацией ПО не рекомендуется из-за повышенной коррозионной активности и ухудшения функциональных свойств растворов.

Цель данной работы – установление влияния концентрации пенообразователя ПО-6ЦТ на коррозионное поведение стали Ст3.

2. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Объекты исследования

Была изучена коррозионная активность водных растворов пенообразователя для тушения пожаров ПО-6ЦТ с концентрациями 1, 3 и 6 об. %. Для приготовления растворов использовали питьевую воду жесткостью не более 7 мг-экв·дм⁻³ [3].

В работе проводили исследование коррозионного поведения стали Ст3. Исследуемые образцы, изготовленные в виде пластин 1×5 см, перед проведением коррозионных испытаний тщательно обезжировали этиловым спиртом.

2.2. Методы исследования

Коррозионные исследования проводили следующим образом. Подготовленные образцы стали Ст3 помещали в коррозионную ячейку, которая представляла собой полипропиленовый градуированный цилиндр с закручивающейся крышкой. Образцы были погружены в естественно аэрированный пенообразователь на 2 см (по высоте) и выдержаны в закрытой коррозионной ячейке в течение 6 недель при температуре $27 \pm 1^\circ\text{C}$ (рис. 1).

Методами потенциометрии (потенциостат ПИ 50-Pro-3 под управлением программного обеспечения PS_Pack_2, электрод сравнения – насыщенный хлоридсеребряный) и импедансометрии (анализатор импеданса и амплитудно-фазовых характеристик Solartron SI 1260A, напряжение на ячейке 10 мВ, частотный диапазон измерений – $10^{-2} \div 10^4$ Гц, противоэлектрод – платинированная платиновая сетка) изучено изменение электрохимических характеристик образцов в процессе коррозии. Обработка полученных данных проведена с помощью программ Zplot и Zview 2.

Водородный показатель (pH) водных растворов пенообразователя определяли при помощи Pen Type pH Meter pH-009(I).

Внешний вид образцов после коррозии оценивали визуально при помощи оптического микроскопа Микромед Р-1 и присоединенной к нему WEB-камеры «DCM - 130».

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Характеристика растворов пенообразователя ПО-6ЦТ с концентрацией 1, 3 и 6 об.%

Водородный показатель (pH) коммерческого пенообразователя ПО-6ЦТ (концентрата) нормирован в пределах 6.5–8.5 (ТУ 0258-148-05744685-98). Измеренные нами фактические значения pH и удельной электропроводности концентрата и водных растворов ПО при температуре 27°C приведены в работе [4]. Было показано, что пенообразователи ведут себя подобно сильным неорганическим электролитам и являются средой, способной инициировать и поддерживать высокую скорость электрохимической коррозии металлов. Значение pH исследованного образца концентрата равно 7.9. Снижение концентрации ПО приводит к снижению их удельной электропроводности, при этом значение pH сдвигается в область меньших значений, присущих нейтральным и слабокислым растворам – до 7.0–7.2. Как видно, эти значения pH находятся в пределах допустимого диапазона, обеспечивающего высокую коррозионную стойкость изделий из углеродистой стали, а уменьшение электропроводности растворов должно снизить интенсивность коррозионного процесса [5, 6].

Вместе с тем, в данной работе было установлено, что водные растворы ПО-6ЦТ претерпевают существенные изменения значения pH при хранении и контакте со сталью. Так, при хранении в инертной таре (полипропилен) через 4 месяца pH растворов ПО снижается с 7.2 до 6.3 (1 об.%), с 7.7 до 6,3 (3 об.%) и с 7.8 до 6.7 (6 об.%). Растворы, контактирующие со сталью Ст3, уже через 10 дней приобретают хорошо выраженную кислую реакцию, значения pH при этом выходят за нижнюю границу допустимого диапазона, снижаются с 7.2 до 6.1 (1 об.%), с 7.7 до 5.8 (3 об.%) и с 7.8 до 6.2 (6 об.%). То есть, и хранение в разбавленном виде, и протекающий коррозионный процесс существенно влия-

ют на параметры коррозионной среды, увеличивая ее агрессивность по отношению к стали. Так как концентрация ионов H^+ и содержание растворенного кислорода являются одними из основных внешних факторов, определяющих коррозионную стойкость металлов [5, 6], то следует ожидать существенное влияние разбавления концентрата ПО на основные коррозионные характеристики Ст3 и кинетику коррозионного процесса.

3.2. Коррозионное поведение стали Ст3 в водных растворах пенообразователя ПО-6ЦТ

Исследования показали, что интенсивному коррозионному разрушению подвергается вся поверхность металла, находящегося в контакте с пенообразователем. Сплошная коррозия стали наблюдается в растворе и на границе раздела фаз раствор/воздух, плоскость электродов, находящихся в парах раствора ПО, подвергается язвенной коррозии (рис. 1). Степень коррозионного повреждения всей поверхности электрода существенно возрастает при снижении концентрации пенообразователя; продукты коррозии Ст3 (на поверхности металла и в растворе) имеют окраску, характерную для гидроксида железа(III), однако в растворе с 6 об.% и в концентрате ПО в большом количестве присутствует осадок черного цвета (оксид железа(II)).

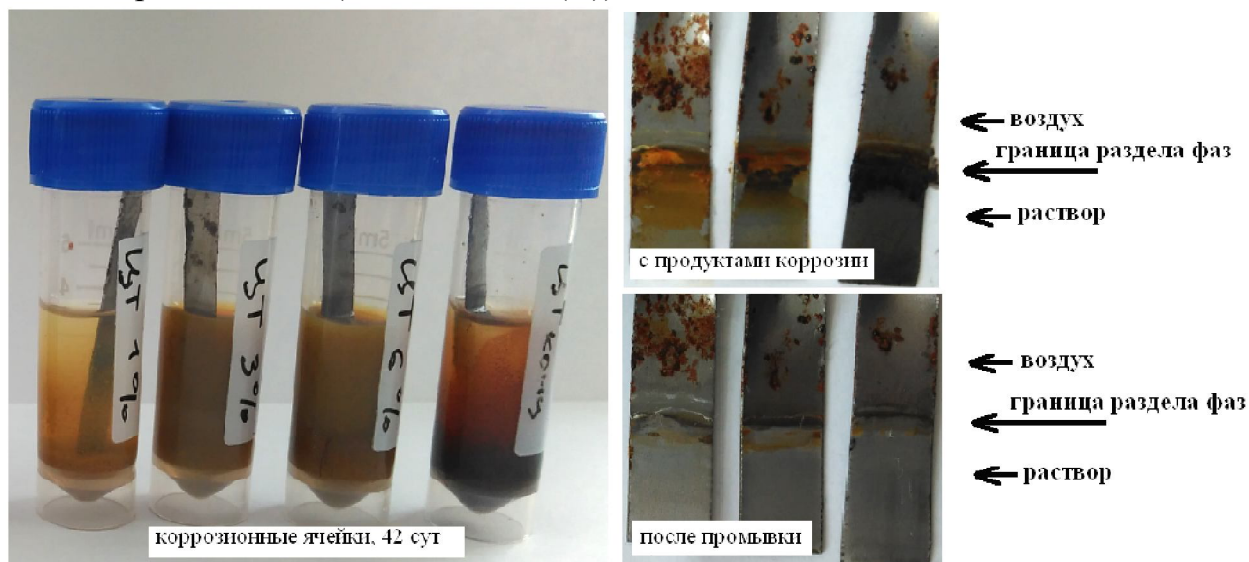


Рис. 1. Образцы стали Ст3 и растворы пенообразователя после коррозионных испытаний в течение 42 суток при температуре $27 \pm 1^\circ C$

Важной характеристикой системы металл/коррозионная среда является коррозионный потенциал E_{cor} . Потенциал, измеренный через 10 мин после погружения образцов, возрастает при снижении концентрации пенообразователя и составляет -0.36 В, -0.31 В, -0.14 В и -0.13 В в концентрате, 6, 3 и 1 % растворах ПО соответственно. На рис. 2 показано изменение потенциала стали Ст3 в зависимости от длительности коррозионных испытаний. Очевидно, что характер изменения E_{cor} в концентрате и в водных растворах ПО различен. Возрастающие значения E_{cor} в первой декаде испытаний обусловлено формированием пассивирующих окисно-гидроксидных слоев на поверхности образцов. Однако по истечении 20 дней значения потенциалов систем Ст3|раствор уже мало зависят от концентрации ПО и, по-видимому, определяются составом продуктов коррозии на поверхности металла и в объеме пенообразователя.

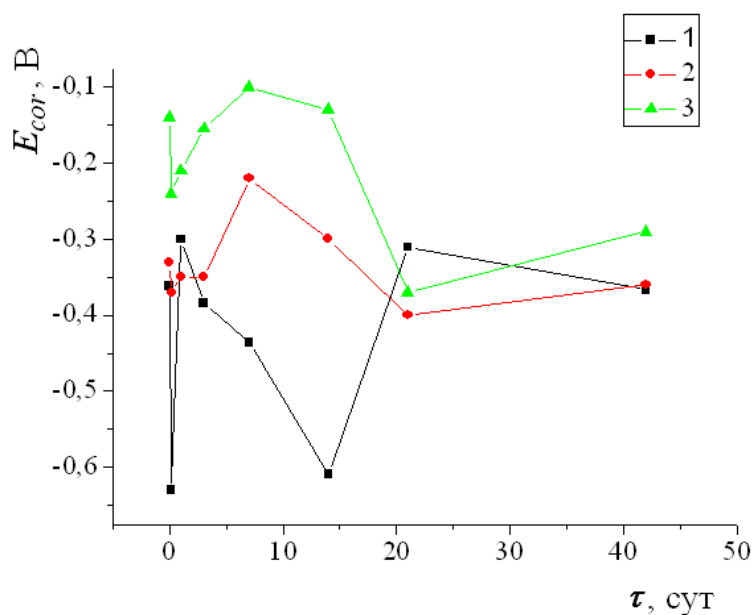


Рис. 2. Изменение коррозионного потенциала (E_{cor}) стали Ст3 в растворах пенообразователя ПО-6ЦТ: 1 – концентрат; 2 – 6 об. %; 3 – 3 об. %. Температура $27 \pm 1^\circ\text{C}$

По данным импедансометрии была проведена оценка поляризационного сопротивления R_p стального электрода, соответствующего различному времени экспозиции образца в коррозионной среде. На рис. 3 показаны значения R_p , соответствующие началу (1 сутки), середине (21 сутки) и окончанию (42 суток) коррозионных испытаний во всех исследованных растворах пенообразователя. Очевидно, что по мере разбавления раствора и продолжительности испытаний

величина R_p неуклонно снижается, что свидетельствует о прогрессирующем облегчении коррозионного процесса. Следует отметить, что уже в начале испытаний поляризационное сопротивление металла в растворах с 1 и 3 об.% ПО было ~ в 2 раза ниже, чем в концентрате, а к концу испытаний это различие возросло до 4-х раз, по-видимому, из-за неблагоприятных изменений параметров раствора (снижение pH). В связи с этим, безусловно, хранение и концентрация, и рабочих растворов в емкостях, изготовленных из стали, приведет не только к утрате функциональных свойств пенообразователя, но и к коррозионному разрушению оборудования.

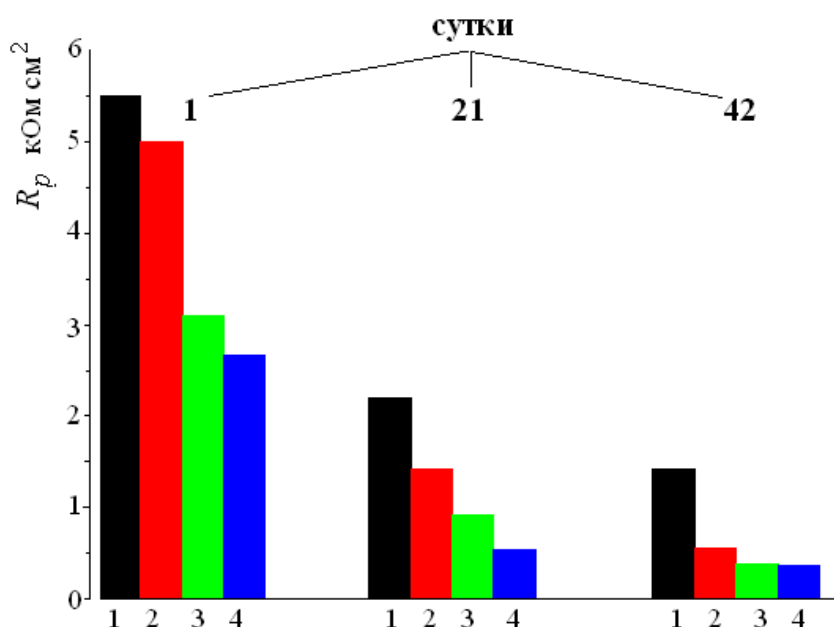


Рис. 3. Значения поляризационного сопротивления стали Ст3 при различных концентрациях пенообразователя ПО-6ЦТ:
1- концентрат, 2 – 6 об. %, 3 – 3 об. %, 4 – 1 об. %

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования свойств пенообразователя для тушения пожаров ПО-6ЦТ (концентрат, водные растворы с концентрацией 1, 3 и 6 об. %) было установлено, что при обычных температурах данный ПО является активным коррозионным агентом по отношению к стали марки Ст3. Появление и накопление продуктов коррозии в растворах, их взаимодействие с компонентами раствора приводит к существенному неблагоприятному изменению одного из основных внешних факторов коррозии – pH среды. Постепенное закисление раствора способствует повышению растворимости продуктов коррозии стали, нарушению ее пассивного состояния.

Таким образом, результаты исследования указывают на необходимость избегать использования таких материалов, как низкоуглеродистые стали, в конструктивных элементах пожарной техники, соприкасающихся с концентратами и водными растворами пенообразователей для пожаротушения в целях сохранения оборудования и функциональных свойств ПО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 50588–2012. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2012. 24 с.
2. Порядок применения пенообразователей для тушения пожаров: рекомендации / С. Н. Копылов [и др.]. М.: ВНИИПО, 2007. 59 с.
3. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М.: Минздрав России, 2002.
4. Электропроводность и pH водных растворов пенообразователей для тушения пожаров ПО-6ЦТ и ПО-6ТС-М как оценочная характеристика их коррозионной активности / Е. П. Гришина [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: сетевое издание. 2017. № 1 (4). URL: <http://pab.edufire37.ru> (дата обращения: 21.09.2017).
5. Улиг Г. Г., Реву Р. У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику / пер. с английского; под ред. А. М. Сухотина. Л.: Химия, 1989. 456 с.
6. Жук Н. П. Курс теории коррозии и защиты металлов. М.: Металлургия, 1976. 472 с.
7. Влияние концентрации пенообразователя ПО-6 ЦТ на коррозию стали Ст-3 / Е. П. Гришина [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию МЧС России, Иваново, 24–25 ноября 2016 г. / под общ. ред. канд. техн. наук, доц. И. А. Малого. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. С. 385.
8. Коррозионное поведение стали Ст-3 в водных растворах пенообразователя ПО-6ТС-М / Е. П. Гришина [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию МЧС России, Иваново, 24–25 ноября 2016 г. / под общ. ред. канд. техн. наук, доц. И. А. Малого. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. С. 386.
9. Гайнуллина Е. В., Набиев А. В. Исследование влияния стабилизирующих добавок на электропроводность растворов пенообразователей и пен, получаемых на их основе // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. Сборник трудов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Ч.1. Воронеж, 2012. С. 202–204.
10. Лопатин Б. А. Теоретические основы электрохимических методов анализа. М.: Высшая школа, 1975. 295 с.

Grishina Elena Pavlovna

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

Kudryakova Nadezhda Olegovna

G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: kno@isc-ras.ru

Predein Alexandr 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

Belyaev Sergej Valer'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
E-mail: Sergej_Belyaev@mail.ru

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
E-mail: michura@bk.ru

Investigation corrosive activity of foaming agents in fire-fighting equipment

Abstract. Carbon steel St3, St20 are widely used for the manufacture of equipment used in firefighting. In particular, from these steels, tanks for storage of foaming agents and dispensing tanks for automatic fire extinguishing systems are made, as well as a number of components to them (flanges, nipples, etc.). It was studied the effect of the ППО-6ЛТ foaming agent concentration on the properties of solutions with concentrations of 1, 3 and 6 vol. % and on the corrosion behavior of steel St3 in these solutions. It was found that the pH of -6ЛТ aqueous solutions under storage in an inert container (polypropylene) undergoes significant changes: after 4 months, the pH of solutions decreases by more than 1. Solutions that come into contact with St3 steel within 10 days acquire a well-pronounced acid reaction, the pH values go beyond the lower limit of the allowable range, decreasing from 7.2 to 6.1 (1 vol.%), From 7.7 to 5.8 (3 vol.%) and from 7.8 to 6.2 (6 vol.%).

The entire surface of steel St3, in contact with the concentrate and aqueous solutions of the foaming agent, is subjected to intensive corrosion destruction. A continuous corrosion of the steel is observed in the solution and at the interface between the solution/air phases. The surface of the metal, which is in the vapors of the foaming agent solution, undergoes pit corrosion. The degree of corrosion damage increases significantly with a decrease in the concentration of the foaming agent. Progressive development of the corrosion process is associated with a steady decline in the polarization resistance of the metal. The appearance and accumulation of corrosion products in solutions, their interaction with the components of the solution, leads to a significant adverse change in one of the main external corrosion factors - the pH of the medium. Gradual acidification of the solution promotes an increase in the solubility of the products of corrosion of steel, a violation of its passive state.

Keywords: Foaming agents for fire extinguishing, concentrate, aqueous solutions, hydrogen index, steel St3, corrosion, corrosion potential, polarization resistance, effect of foam concentration.

REFERENCES

1. GOST R 50588–2012. Penoobrazovateli dlja tushenija pozharov. Obshhie tehicheskie trebovaniya i metody ispytaniy. M.: Standartinform, 2012. 24 s.
2. Porjadok primeneniya penoobrazovatelej dlja tushenija pozharov: rekomendacii / S. N. Kopylov [i dr.]. M.: VNIPO, 2007. 59 s.
3. SanPiN 2.1.4.1074-01. Pit'evaja voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody centralizovannyh sistem pit'evogo vodosnabzhenija. Kontrol' kachestva. M.: Minzdrav Rossii, 2002.
4. Jelektroprovodnost' i rN vodnyh rastvorov penoobrazovatelej dlja tushenija pozharov PO-6CT i PO-6TS-M kak ocenohnaja harakteristika ih korrozionnoj aktivnosti / E. P. Grishina [i dr.] // Pozharnaja i avarijnaja bezopasnost': setevoe izdanie. 2017. № 1 (4). URL: <http://pab.edufire37.ru> (data obrashhenija: 21.09.2017).
5. Ulig G. G., Revi R. U. Korrozija i bor'ba s nej. Vvedenie v korrozionnuju nauku i tehniku / per. s anglijskogo; pod red. A. M. Suhotina. L.: Himija, 1989. 456 s.
6. Zhuk N. P. Kurs teorii korrozii i zashhity metallov. M.: Metallurgija, 1976. 472 s.
7. Vlijanie koncentracii penoobrazovatelja PO-6 CT na korroziju stali St-3 / E. P. Grishina [i dr.] // Pozharnaja i avarijnaja bezopasnost': sbornik materialov XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 25-letiju MChS Rossii, Ivanovo, 24–25 nojabrja 2016 g. / pod obshh. red. kand. tehn. nauk, doc. I. A. Malogo. Ivanovo: Ivanovskaja pozharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii, 2016. S. 385.
8. Korrozionnoe povedenie stali St-3 v vodnyh rastvorah penoobrazovatelja PO-6TS-M / E. P. Grishina [i dr.] // Pozharnaja i avarijnaja bezopasnost': sbornik materialov XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 25-letiju MChS Rossii, Ivanovo, 24–25 nojabrja 2016 g. / pod obshh. red. kand. tehn. nauk, doc. I. A.

Malogo. Ivanovo: Ivanovskaja pozharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii, 2016. S. 386.

9. *Gajnullina E. V., Nabiev A. V.* Issledovanie vlijanija stabilizirujushhih do-bavok na jelektroprovodnost' rastvorov penoobrazovatelej i pen, poluchaemyh na ih osnove // Pozharnaja bezopasnost': problemy i perspektivy. • Sbornik trudov III Vse-rossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Ch.1. Vo-ronezh, 2012. S. 202–204.

10. *Lopatin B. A.* Teoreticheskie osnovy jelektrohimicheskikh metodov analiza. M.: Vysshaja shkola, 1975. 295 s.

Рецензент: заведующий лабораторией, доктор химических наук, старший научный сотрудник А. В. Агафонов (Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН)

УДК 519.2

Есина Марина Геннадьевна

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

Доцент

Кандидат технических наук

E-mail: esina_mg@mail.ru

SPIN-код: 1959-3341,

AuthorID: 742257

Хонгорова Ольга Викторовна

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

Доцент

Кандидат физико-математических наук

E-mail: esina_mg@mail.ru

SPIN-код: 3260-0824,

AuthorID: 908285

Использование временных рядов в прогнозировании

Аннотация. В данной статье авторами проводится анализ числовых характеристик временного ряда, характеризующего количество пожаров Российской Федерации за 2007–2016 гг., для выявления соотношения между закономерностью и случайностью. Количество пожаров имеют вид последовательности измерений, упорядоченных в неслучайные моменты времени, поэтому данные можно рассматривать как временной ряд. Достоверные прогнозы количества пожаров возможно получить на основании методов математической статистики. При этом прогноз должен быть дополнен методикой его применения, то есть, набором методик реагирования по результатам прогноза. Авторы предлагают несколько видов математических моделей для описания приведенных процессов и построения прогнозных показателей на последующие годы. Рассмотрены линейная, квадратичная и кубическая функции для построения линий тренда. При этом была подобрана оптимальная модель для получения достоверных прогнозных данных в виде полиномиальной модели третьего порядка. На основании проведенного исследования делаются выводы о том, что методы статистического анализа в прогнозировании вполне могут быть адаптированы в деятельности Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий в целом для разработки профилактических действий по предотвращению чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: пожарная безопасность, статистика пожаров, временной ряд, коррелограмма, линии тренда, прогнозирование, математическая модель.

С развитием человеческого общества и ускорением научно-технического прогресса проблема обеспечения пожарной безопасности становится все более острой. Ежегодно от пожаров в России гибнет более 10 тысяч человек. Проблема пожарной безопасности в мире является одной из наиболее актуальной в настоящее время. Количество пожаров является одним из основных показателей пожарной обстановки, характеризующихся стохастической неопределенностью. Достоверные прогнозы количества пожаров возможно получить только на основании методов математической статистики. При этом прогноз должен быть дополнен методикой его применения, то есть набором методик реагирования по результатам прогноза.

Количество пожаров имеют вид последовательности измерений, упорядоченных в неслучайные моменты времени, поэтому данные можно рассматривать как временной ряд.

Модели временных рядов активно применяются в исследованиях значительного числа реальных процессов различной природы. Анализируя временные ряды, можно получить достаточно полную модель, характеризующую рассматриваемое явление, сделать выводы о поведении модели в зависимости от различных факторов, составить кратковременный или долгосрочный прогноз в зависимости от постановки задачи.

Математическую модель временного ряда удобно рассматривать в аддитивной форме следующего вида:

$$Y(t_i) = q(t_i) + \varepsilon(t_i), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (1),$$

где $q(t_i)$ – неслучайная (детерминированная) составляющая, $\varepsilon(t_i)$ — случайная ошибка модели временного ряда.

В (1) переменная величина $q(t_i)$ может состоять в зависимости от данных временного ряда из следующих составляющих: трендовой, сезонной и периодической.

Покажем составление аддитивной модели, предназначенной для получения кратковременного прогноза данных на основании статистических данных по пожарам в Российской Федерации за 2007 – 2016 гг.

Построим временной ряд, характеризующий статистику по пожарам (табл. 1).

Таблица 1. Статистика пожаров в Российской Федерации за 2007–2016 гг.

Количество пожаров в Российской Федерации										
Год	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Кол-во пожаров	211163	200386	187490	179098	168528	162975	153208	153002	72779	139703

При построении аддитивной модели временного ряда произведем проверку на наличие автокорреляции, которая характеризует взаимосвязь между исходным рядом и рядом, построенным при помощи сдвига относительно исходного на L моментов времени.

Введем в рассмотрение случайную величину $y(t_i)$, где $i = 1, 2, \dots, n; n = 36$.

$y(t_i)$ характеризует количество пожаров, произошедших за 3 года.

Для данной последовательности случайных $\{y(t_i)\}$ построим ряд величин, сдвинутых относительно друг друга на L моментов времени.

В таком случае говорят, что построен ряд с лагом L : $y(t_{1+L}), y(t_{2+L}), \dots, y(t_{n+L})$.

Для вычисления коэффициента автокорреляции применяется формула (2):

$$r(L) = \frac{M[(y(t_i) - m)(y(t_{i+L}) - v)]}{\sigma^2}. \quad (2)$$

В формуле (2) $M[y(t_i)]$ определяется, как математическое ожидание случайной величины $y(t_i)$, $D[y(t_i)]$ – дисперсия случайной величины.

$$M[y(t_i)] = m; D[y(t_i)] = \sigma^2. \quad (3)$$

Учитывая вычисление математического ожидания и дисперсии случайной величины, получаем общую формулу для расчета коэффициента автокорреляции:

$$r(L) = \frac{(n-L) \sum_{i=1}^{n-L} y_i y_{i+L} - \left(\sum_{i=1}^{n-L} y_i \right) \left(\sum_{i=1}^{n-L} y_{i+L} \right)}{\sqrt{(n-L) \sum_{i=1}^{n-L} y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n-L} y_i \right)^2} \sqrt{(n-L) \sum_{i=1}^{n-L} y_{i+L}^2 - \left(\sum_{i=1}^{n-L} y_{i+L} \right)^2}}. \quad (4)$$

Произведем расчеты коэффициентов автокорреляции для исходных данных табл. 2.

Таблица 2. Вычисление коэффициентов автокорреляции

1	211163				
2	200386	211163			
3	187490	200386	211163		
4	179098	187490	200386	211163	
5	168528	179098	187490	200386	211163
6	162975	168528	179098	187490	200386
7	153208	162975	168528	179098	187490
8	153002	153208	162975	168528	179098
9	72779	153002	153208	162975	168528
10	139703	72779	153002	153208	162975
Дисперси	1498332975	1611318187	462699019,1	430290868,8	343734215,6
Ср.кв.откл	38708,31	40141,23	21510,44	20743,45	18540,07
	1	2	3	4	5
r	0,541958735	0,782431986	0,987354478	0,993107035	0,992044332

На основе полученных расчетных данных построим коррелограмму временного ряда (рис.1).



Рис. 1. Коррелограмма временного ряда

Расчет коэффициентов автокорреляции имеет важное значение, так как позволяет произвести анализ структуры ряда и определить тесноту связи между текущими и предыдущими уровнями ряда. В рассмотренном случае временной ряд содержит сезонные колебания с периодом в четыре года ($r(4) = 0,993$). График коррелограммы временного ряда подтверждает полученные выводы (рис. 1).

Построим модель, которая дает возможность оценить количество пожаров на последующие года при условии, что известны данные за последние десять лет.

Для аналитического выравнивания и построения тренда будем использовать следующие функции:

линейная $y(t) = a + bt$;

квадратичная $y(t) = a + b_1t + b_2t^2$;

кубическая $y(t) = a + b_1t + b_2t^2 + b_3t^3$,

где $y(t)$ – расчетные значения моделируемого показателя;

t – время;

a, b_1, b_2, b_3 – параметры модели.

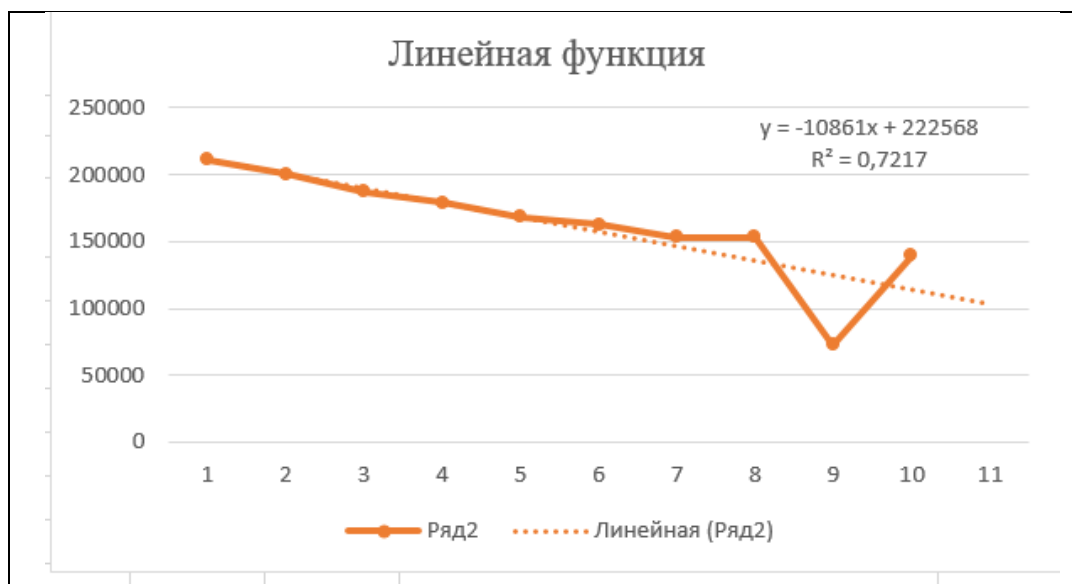


Рис. 2. Линейная функция для построения тренда

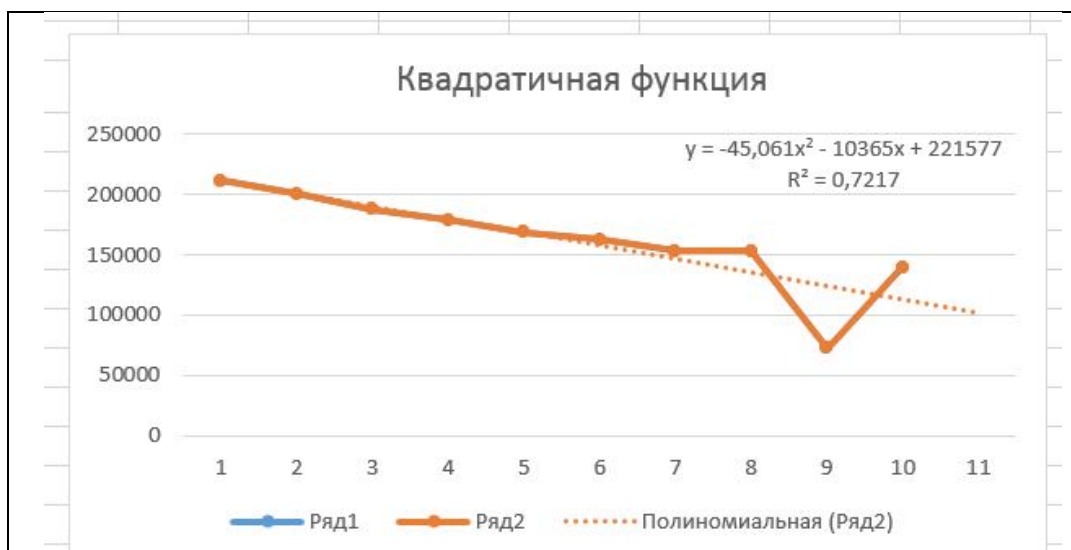


Рис. 3. Квадратичная функция для построения тренда

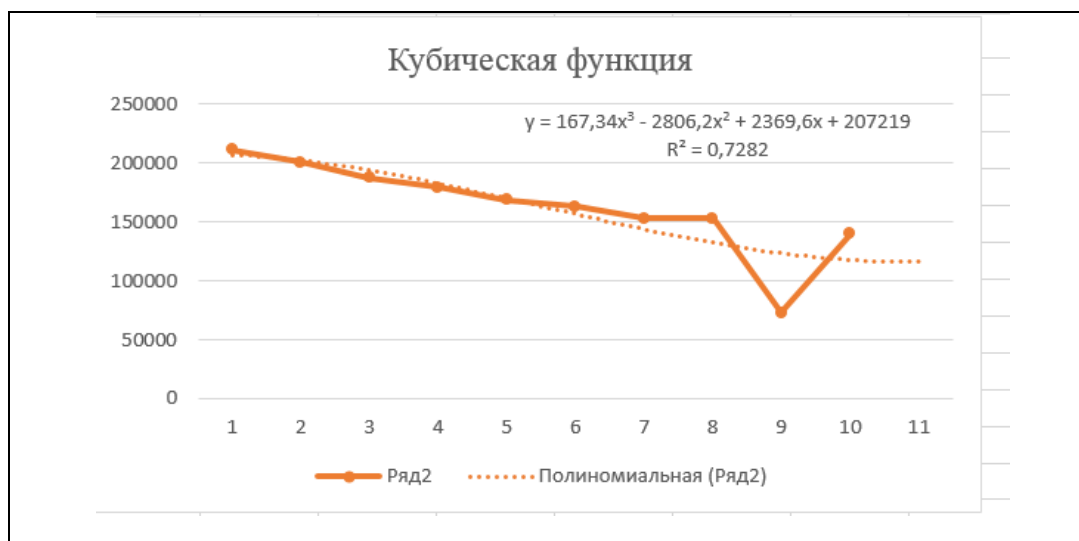


Рис. 4. Кубическая функция для построения тренда

Исходя из того, что наибольшее значение принимает коэффициент детерминации кубической функции, а также при визуальном оценивании можно сделать вывод, что оптимальной моделью является кубическая модель:

$$y(t) = 207219 + 2369,6t - 2806,26t^2 + 167,34t^3,$$

где $y(t)$ - функциональная зависимость числа пожаров от временного периода.

Таким образом, согласно построенной модели можно спрогнозировать количество пожаров на последующие годы:

количество пожаров в 2017 году составит

$$y(11) = 207219 + 2369,6 \cdot 11 - 2806,26 \cdot 11^2 + 167,34 \cdot 11^3 \approx 116583,7.$$

На основе полученных данных можно сделать прогнозирование не только на один год, но и на какой-либо заданный период. В таком случае, необходимо провести вычисления числовых характеристик временного ряда для выявления соотношения между закономерностью и случайностью.

В заключение необходимо отметить, что вопросам прогнозирования числа пожаров уделяется особое внимание, так как от правильности оценки данной чрезвычайной ситуации будет зависеть своевременное принятие необходимых мер защиты населения и других мероприятий. С целью снижения числа пожаров в Российской Федерации необходимо проводить комплексный анализ количества пожаров. По результатам проведенного анализа разработать предложения и принять необходимые меры к снижению числа пожаров. Необходимо проводить профилактическую деятельность по предотвращению количества пожаров (проверка исправности электрооборудования, соблюдение правил противопожарной безопасности при сжигании мусора, травы и иных материалов; обогреве от источников открытого горения; проведении электрогазосварочных работ; применении бытовых газовых, керосиновых, бензиновых и др. устройств; эксплуатации бытовых электроприборов). В связи с увеличением количества пожаров от поджогов необходимо проводить меры по выявлению причин поджогов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прикладная статистика. Основы эконометрики: учебник для вузов: В 2 т. / С. А. Айвазян [и др.]. 2-е изд., испр. Т. 1: Теория вероятностей и прикладная статистика. М.: ЮНИТИ, 2001. 656 с.
2. Безручко Б. П., Смирнов Д. А. Математическое моделирование и хаотические временные ряды. Саратов: ГосУНЦ Колледж, 2005. 320 с.
3. Берндт Э. Р. Практика эконометрики: классика и современность: учебник. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. 863 с.
4. Эконометрика: учебное пособие / И. И. Елисеева [и др.]. М.: Финансы и статистика, 2001.
5. Есина М. Г., Хонгорова О. В. Методы математической статистики в анализе деятельности ГПС МЧС России // Успехи современной науки и образования, 2016. Т. 8. № 12. С. 130–133.

6. Использование методов математической статистики в анализе деятельности ГПС МЧС России / М. Г. Есина [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, посвященной Году пожарной охраны, Иваново, 24–25 ноября 2016 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. С. 627–630.

7. *Кремер Н. Ш., Путко Б. А.* Эконометрика. М.: ЮНИТИ, 2005. 311 с.

8. *Кулаицев А. П.* Методы и средства комплексного анализа данных. М.: Инфра-М, 2006. 512 с.

9. Практикум по эконометрике: учебное пособие / под ред. И. И. Елисеевой. М.: Финансы и статистика, 2002. 191 с.

10. *Тихомиров Н. П., Дорохина Е. Ю.* Эконометрика : учебник для вузов. М.: Экзамен, 2003. 510 с.

Esina Marina Gennadievna

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: esina_mg@mail.ru

Khongorova Ol'ga 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
E-mail: esina_mg@mail.ru

The use of time series in forecasting

Abstract. In this article the authors analyze the numerical characteristics of time series describing the number of fires in the Russian Federation for 2007 – 2016, to identify the relationship between regularity and randomness. The number of fires have the appearance of a sequence of measurements organized in nonrandom moments of time, so the data can be viewed as a time series. Reliable forecasts of the number of fires might be obtained on the basis of methods of mathematical statistics. The forecast shall be supplemented by the methodology of its use, that is, a set of techniques to respond to the results of the forecast. The authors offer several types of mathematical models to describe the above processes and build predictive indicators in subsequent years. We consider linear, quadratic, and cubic functions to plot trend lines. Thus was created the optimal model to obtain a reliable forecast data in the form of a polynomial model of the third order. On the basis of the conducted research the conclusions about what methods of statistical analysis in the prediction may be adapted in the activities of the Ministry of the Russian Federation for civil defense, emergencies and elimination of consequences of natural disasters in General for the development of preventive actions on prevention of emergency situations.

Keywords: fire safety, fire statistics, time series, correlogram, trend lines, forecasting, mathematical model but adapted to the activities of the Ministry of the Russian Federation for civil defense, emergencies and elimination of consequences of natural disasters in General for the development of preventive actions on prevention of emergency situations.

REFERENCES

1. Prikladnaja statistika. Osnovy jekonometriki: uchebnik dlja vuzov: V 2 t. / S. A. Ajvazjan [i dr.]. 2-e izd., ispr. T. 1: Teorija verojatnostej i prikladnaja stati-stika. M.: JuNITI, 2001. 656 s.

2. *Bezruchko B. P., Smirnov D. A.* Matematicheskoe modelirovanie i haoticheskie vremennye rjady. Saratov: GosUNC Kolledzh, 2005. 320 s.
3. *Berndt Je. R.* Praktika jekonometriki: klassika i sovremennost': uchebnik. M.: JuNITI-DANA, 2005. 863 s.
4. Jekonometrika: uchebnoe posobie / I. I. Eliseeva [i dr.]. M.: Finansy i statistika, 2001.
5. *Esina M. G., Hongorova O. V.* Metody matematicheskoy statistiki v analize dejatel'nosti GPS MChS Rossii // Uspehi sovremennoj nauki i obrazovanija, 2016. T. 8. № 12. S. 130–133.
6. Ispol'zovanie metodov matematicheskoy statistiki v analize dejatel'nosti GPS MChS Rossii / M. G. Esina [i dr.] // Pozharnaja i avarijnaja bezopasnost': sbornik materialov XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj Godu pozharnoj ohrany, Ivanovo, 24–25 nojabrja 2016 g. Ivanovo: Ivanovskaja pozhar-no-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii, 2016. S. 627–630.
7. *Kremer N. Sh., Putko B. A.* Jekonometrika. M.: JuNITI, 2005. 311 s.
8. *Kulaichev A. P.* Metody i sredstva kompleksnogo analiza dannyh. M.: Infra-M, 2006. 512 s.
9. Praktikum po jekonometrike: uchebnoe posobie / pod red. I. I. Eliseevoj. M.: Finansy i statistika, 2002. 191s.
10. *Tihomirov N. P., Dorohina E. Ju.* Jekonometrika : uchebnik dlja vuzov. M.: Jekzamen, 2003. 510 s.

Рецензент: заместитель декана физического факультета, доцент, кандидат физико-математических наук, доцент Т. В. Пашикова (ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»)

ГУМАНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГПС МЧС РОССИИ

УДК 378.12

Кропотова Наталья Анатольевна

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

Старший преподаватель

Кандидат химических наук

E-mail: nzhirova@yandex.ru

SPIN-код автора РИНЦ 9309-8416

Легкова Ирина Анатольевна

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

Доцент

Кандидат технических наук

Доцент

E-mail: legkovai@mail.ru

SPIN-код автора РИНЦ 3524-9975

Киселев Вячеслав Валерьевич

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

Начальник кафедры

Кандидат технических наук

Доцент

E-mail: Slavakis76@mail.ru

SPIN-код автора РИНЦ 8663-7415

**Адаптивная модель формирования кадрового состава
ГПС МЧС России**

Аннотация. Стремительное внедрение в жизнь новых технологий предъявляет высокие требования к уровню подготовки будущих специалистов самых разных областей, в том числе и выпускников ведомственных образовательных организациях России. Современные направления развития высшего образования, кардинальные изменения в статусе образовательных учреждений России, содержание учебных программ и методов обучения требуют новых инновационных подходов к совершенствованию профессиональной подготовки специалистов в образовательных организациях высшего образования. Особенно это актуально для образовательных организаций, осуществляющих профессиональную подготовку пожарных и спасателей, от профессионализма и грамотных действий которых зависит жизнь и благополучие общества.

Первостепенное значение для успешной профессиональной деятельности имеют навыки самообразования, применения теоретических знаний в практической деятельности, владения нормативно-правовой базой.

Исходя из проанализированных данных профессиональной подготовленности и деятельности специалистов, были сделаны выводы о необходимости модернизации системы профессиональной подготовки обучающихся к деятельности в чрезвычайных ситуациях. При проведении исследования руководствовались основными профессионально значимыми компетенциями, которые находят свое отражение в программах подготовки специалистов при выполнении различного рода заданий в сложных условиях, реализующих адаптивную систему обучения.

Адаптивная система направлена на освоение образовательных программ, на решение профессиональных задач и овладение профессиональным мастерством, а также на формирования общей культуры личности.

Ключевые слова: адаптивность; адаптивная система обучения; адаптация обучающихся; адаптивная модель формирования кадров; подготовка специалистов ведомственных образовательных организаций высшего образования.

Современное развитие высшего образования, изменения статусов образовательных организаций России, содержание рабочих учебных программ и методики преподавания, обусловленные модернизацией Российского образования и преобразованиями во всех сферах государства, требуют новых инновационных подходов к совершенствованию профессиональной подготовки специалистов в образовательных организациях высшего образования (Гершунский Б.С., Афанасьев В.Г., Бордовский Г.А., Аганов В.С., Узун Л.С. и др.). Особенно это актуально для образовательных организаций высшего образования, осуществляющих профессиональную подготовку кадрового состава Государственной противопожарной службы МЧС России, стоящих на защите населения в борьбе со стихийными бедствиями и техногенными катастрофами, где от их профессионализма, грамотных и решительных действий зависит жизнь и благополучие общества.

Обзор литературных источников позволил выявить ряд некоторых противоречий, связанных с процессом качественной профессиональной подготовки выпускников образовательных организаций МЧС России. Выделим лишь наиболее явные:

1) противоречие между возрастающим уровнем требований к профессионализму специалистов МЧС России в современных условиях и системой их профессиональной подготовки, не учитывающей (или в малой степени учиты-

вающей) произошедшие изменения в объеме и сложности решаемых задач, поставленных при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) и других неотложных работ;

2) противоречие между потребностями государства (общества) в квалифицированных специалистах и необходимостью изменения теоретической и методологической концепции, а также реализуемых приемов и технологических методов для совершенствования системы профессиональной подготовки выпускников организаций высшего образования, готовых к любым видам деятельности в условиях современности;

3) противоречие между возрастающей необходимостью оценки уровня профессиональной готовности обучающихся к деятельности в условиях ЧС на различных этапах (курсах) обучения и отсутствием методики ее измерения (или выявлении, коррекции имеющихся недостатков в методиках ее измерения);

4) повышающиеся требования к физическим и психологическим качествам специалистов противоречат отсутствию специальных программ психофизиологической подготовки для работы в любой среде (воздух, вода, суровые климатические условия Арктики, др.) обучающихся в стенах образовательных организаций.

Разрешение перечисленных противоречий возможно лишь при условии обоснования реализуемого компетентностного подхода и разработки адаптивной педагогической системы профессиональной подготовки специалистов к деятельности в ЧС применительно к изменяющимся условиям обстановки. Причем новая адаптивная модель должна быть направлена на снижение адаптационного периода обучающихся на первом году обучения и параллельное вовлечение их в профессиональную деятельность.

Современная образовательная система нуждается в формировании единой образовательной базы подготовки кадрового состава ГПС МЧС России для работы в любых условиях: теоретические основы; практические умения и навыки работы при воздействии различных сред; передовой отечественный опыт при работе в ЧС, а также опыт зарубежных специалистов; инновационный подход к системе образовательного процесса и проведения научно-исследовательских разработок и внедрения их в практику.

На сегодняшний день на рынке труда существует жесткая конкуренция, которая предъявляет высокие требования к уровню и качеству подготовки будущих специалистов самых разных областей, в том числе и выпускников образовательных организаций МЧС России. Большое значение для реализации успешного процесса обучения и приобщения к профессиональной деятельности отводится навыкам самообразования, умению применить теоретические знания в практической деятельности, владению нормативно-правовой базой. Поэтому процесс обучения будущих специалистов в условиях образовательных органи-

заций высшего образования строится на активном использовании новых педагогических технологий, ориентированных на инновационное образование. В свою очередь, инновационное образование реализует личностный и акмеологический подходы, фундаментальность, развитие творческих и уникальных способностей, нестандартное мышление, которое служит базой формирования профессионально важных качеств, синтез технической и гуманитарной культур, владение новейшими информационными технологиями и умение адаптироваться к любым условиям среды (обучение, служебная деятельность, ведение восстановительных работ, разбор завалов, ликвидация ЧС и др.).

Кроме содержательной части программ обучения, важным фактором результативности подготовки специалистов представляется организация образовательного процесса в учреждениях высшего образования. Основные приоритетные элементы, организующие и структурирующие образовательную деятельность профессионального ведомственного образовательного учреждения высшего образования при подготовке специалистов ГПС МЧС России, представлены на рис. 1.

Отдельными составляющими выделены учебный процесс, дающий теоретическую подготовку и основную фундаментальную базу; практический элемент и научно-исследовательская работа. Перечисленные обязательные компоненты образовательного процесса находятся в активном взаимодействии и сотрудничестве, реализуя программу подготовки, дополняя каждый из элементов.

Исходя из проанализированных данных профессионального становления обучающегося и оценки его деятельности, были сделаны выводы о необходимости модернизации образовательной системы подготовки кадрового состава ГПС МЧС России к профессиональной деятельности, в том числе при ЧС, для формирования наиболее совершенных, уникальных профессионально значимых компетенций выпускника, т.е. внедрения компетентностного подхода системы инновационного образования [1], неотъемлемой частью которого необходимо считать реализацию адаптивной модели. Поэтому для исследования по инновационным технологиям, применяемым в образовательных организациях высшего образования, мы руководствовались основными профессионально значимыми и важными компетенциями [2], которые реализуются в программах подготовки специалистов при выполнении различного рода практических заданий (практик, стажировок, учений, др.) в сложных условиях, реализующих адаптивную систему обучения.



Рис. 1. Образовательный процесс образовательной организации высшего образования

Адаптивная система направлена на освоение образовательных программ, на решение профессиональных задач и овладение профессиональным мастерством, на формирования общей культуры личности, адаптации личности к жизни в обществе [3, 4].

Для формирования необходимой основы у обучающихся, поступивших на первый год обучения, адаптационный процесс должен быть как можно короче, поэтому стремление к совершенству и саморазвитию должно закладываться на ранних этапах образовательной деятельности [5]. Поэтому реализация данной модели кажется возможным и практически реализуемым процессом, поскольку адаптивная составляющая образовательного процесса в подготовке пока еще будущих специалистов ГПС МЧС России на сегодняшний день актуальна. Мы уверены в том, что каждый из обучающихся стремится быть лучшим в выбранной профессии. Для этого предлагаем модель адаптивного обучения при подготовке специалистов на базе ведомственных образовательных организаций МЧС России.

Профессиональные функции являются, в какой-то степени, задачами, которые ставятся перед образовательными организациями высшего образования инновационно-проектными сообществами (инженерные разработки и достижения в различных областях наук) и работодателями. Итоговым решением этих задач должно стать формирование профессионального мышления будущего специалиста в виде освоения комплекса базовых (универсальных) компетентностей, а механизмом, формулирующим данное решение, выступят образовательные программы и учебные модули, разрабатываемые организациями высшего образования.

Универсальность образования частично базируется на следующих основных постулатах:

- инновационное образование;
- компетентностный подход;
- уровневое освоение знаний: знание, понимание, применение, анализ, синтез, оценка;
- адаптивность профессионального обучения в ведомственных образовательных организациях высшего образования.

Эффективное решение задач совершенствования учебного процесса в вузе, связанных с выбором содержания, средств и технологий обучения, предполагает представление объектов, субъектов и процессов подготовки и становления будущих специалистов в виде определенных систем (образовательных, педагогических, становления личности и т.п.). Изучение этих систем неразрывно связано с созданием их моделей (математических, смысловых, словесных, знаковых, предметных) [6].

Под моделью понимается объект (система объектов), который в некоторых отношениях имеет сходство с аналогом и служит средством описания, объяснения или прогнозирования его поведения, снижая значимость барьеров на пути к успеху и увеличивая адаптивную составляющую развивающейся личности. При этом каждая исследуемая система может быть представлена некоторым количеством моделей (подсистем), вид которых зависит от требуемой глубины познания, уровня абстрагирования, формы ее материальной презентации.

Таким образом, для обоснования сущности специальной профессионально-ориентированной обучающей среды, в которой реализуется адаптивный подход, целесообразно использовать метод педагогического моделирования, при помощи которого можно рассмотреть каждую из ее составляющих в их единстве и взаимодействии.

Использование модульного приема предполагает, что результаты анализа и разработки содержания профессионального образования группируются и оформляются в виде содержательно и функционально завершенных структурных элементов содержания – блоков, которые реализуют одну или несколько целей обу-

чения [7]. В этом случае модуль является основным структурным элементом. При объединении модулей в единую систему формируется содержание профессионального обучения. Структурирование же содержания профессиональной подготовки надлежащим образом обеспечивают учебные модули.

Опираясь на описанные аспекты моделирования образовательной деятельности, можно сделать вывод, что модель профессиональной подготовки специалиста в системе высшего образования представляет собой замкнутый регулируемый и управляемый процесс, включающий адаптивную составляющую.

Адаптивная составляющая, формирующая кадровый состав ГПС МЧС России, органично включает в себя четыре составляющие модели:

- 1) модель учебной дисциплины, совершенствование которой достигается вариативной частью основной профессиональной образовательной программы;
- 2) модель управления процессом обучения;
- 3) модель обучающего (педагога) – высококвалифицированного специалиста, владеющего инновационными подходами образовательной деятельности, реализующего интерактивное обучение;
- 4) модель обучающегося.

В процессе обучения мышление обучающегося трансформируется от общеобразовательного «способность дать оценку выбора направления своего обучения» к профессионально-ориентированному «способность решения прикладных задач специализированной профессиональной направленности» (рис. 2, 3) [80–11].

Формирование предполагаемых учебных модулей как механизма решения задач взаимосвязи профессиональных функций и компетенций базируется, прежде всего, на педагогическом опыте подготовки специалистов в области государственного надзора (специальность «Пожарная безопасность») и бакалавров в области пожаротушения и ведения аварийно-спасательных и других видов работ (направление подготовки «Техносферная безопасность»).

Учебные модули представляют собой совокупность учебных дисциплин, практик, форм контроля, адаптационных мероприятий и технологии, методического обеспечения и сопровождающего материала, базу новейших разработок в области пожаротушения, технического оснащения и нового оборудования для проведения аварийно-спасательных и экспертных работ на месте ЧС, и т.п.

Определяющим моментом модульной технологии является представление ее содержания в наглядном, удобном для понимания и использования виде. Структура модульной программы должна соотноситься со структурой профессиональной деятельности специалистов, раскрывать смысл профессиональных функций и закреплять их понимание через приобретение профессиональных компетенций. Поэтому названия модулей и последовательность их освоения должны создавать у обучающегося четкое понимание будущей службы и рабо-

ты. Задачу правильного расположения образовательных модулей решает система управления образовательным процессом, определяя оптимальный маршрут становления профессиональных компетенций специалиста, увеличивая адаптированность обучающегося к образовательной и профессиональной среде обучения.

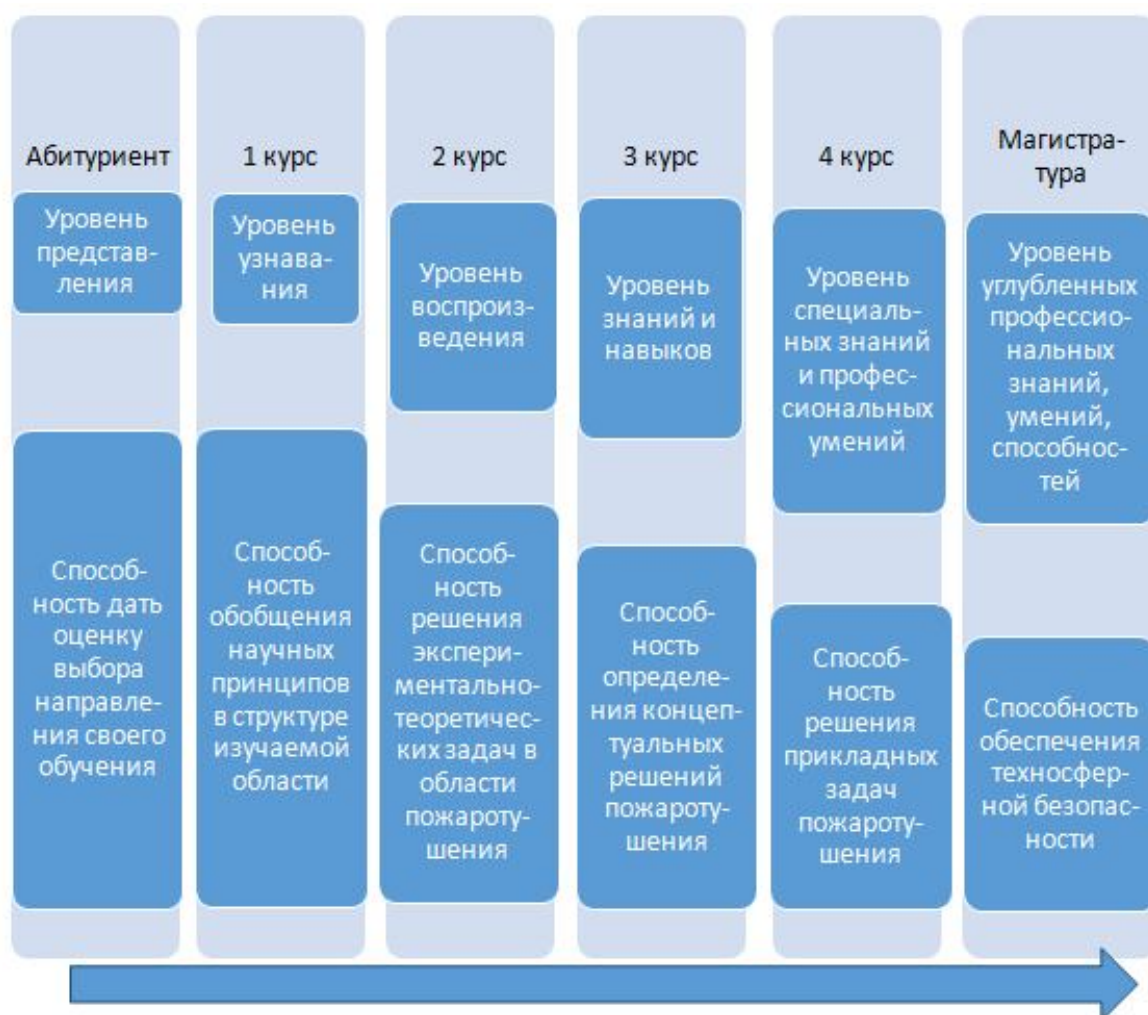


Рис. 2. Схема трансформации способностей обучающихся в процессе обучения по программе подготовки бакалавра (20.03.01)

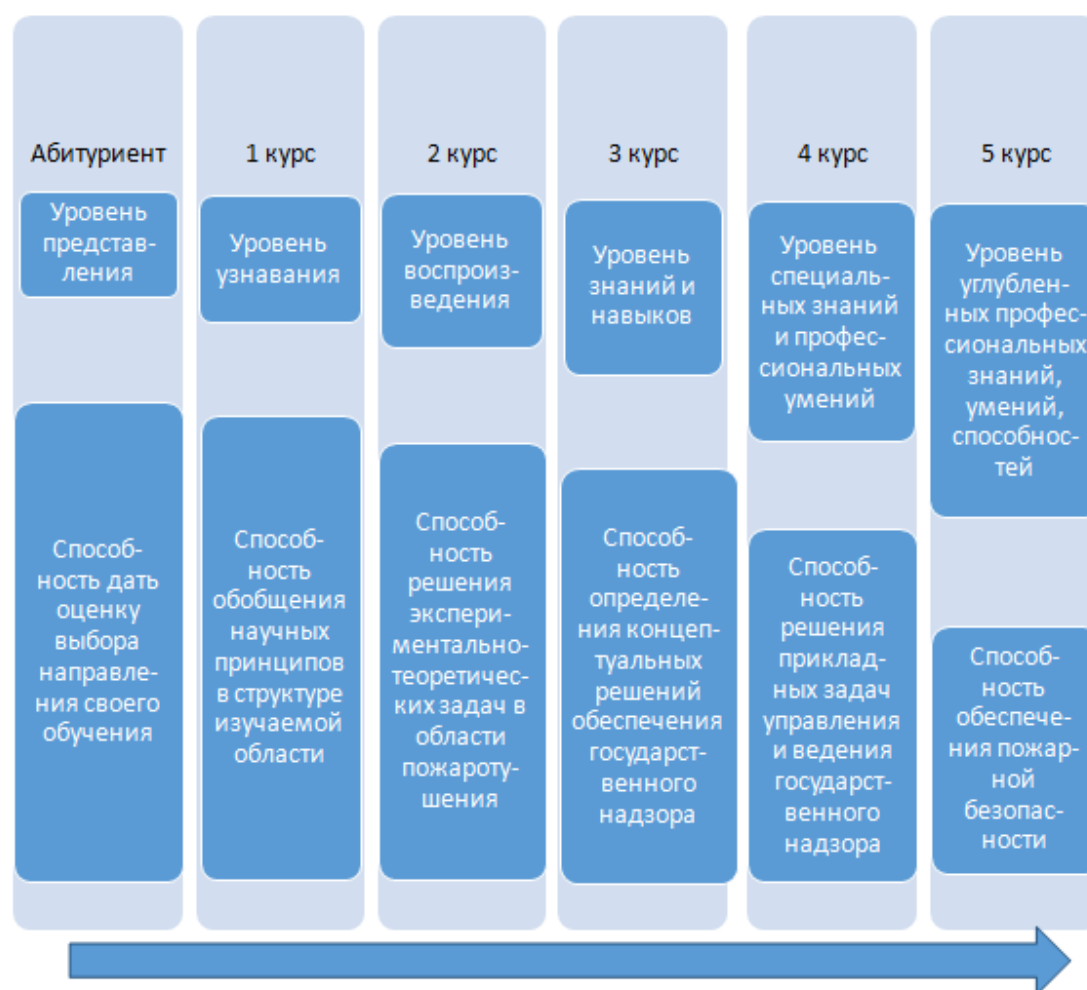


Рис. 3. Схема трансформации способностей обучающихся в процессе обучения по программе подготовки специалиста (20.05.01)

Таким образом, исходя из имеющейся модели подготовки специалистов ГПС МЧС России в образовательных организациях высшего образования при создании соответствующей специально ориентированной обучающей среды, мы имеем возможность корректировать в рамках определенных учебных дисциплин педагогическое взаимодействие с обучаемыми для достижения дидактических целей (см. рис. 4, 5) [8–11].

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

№ 3 (6) – 2017

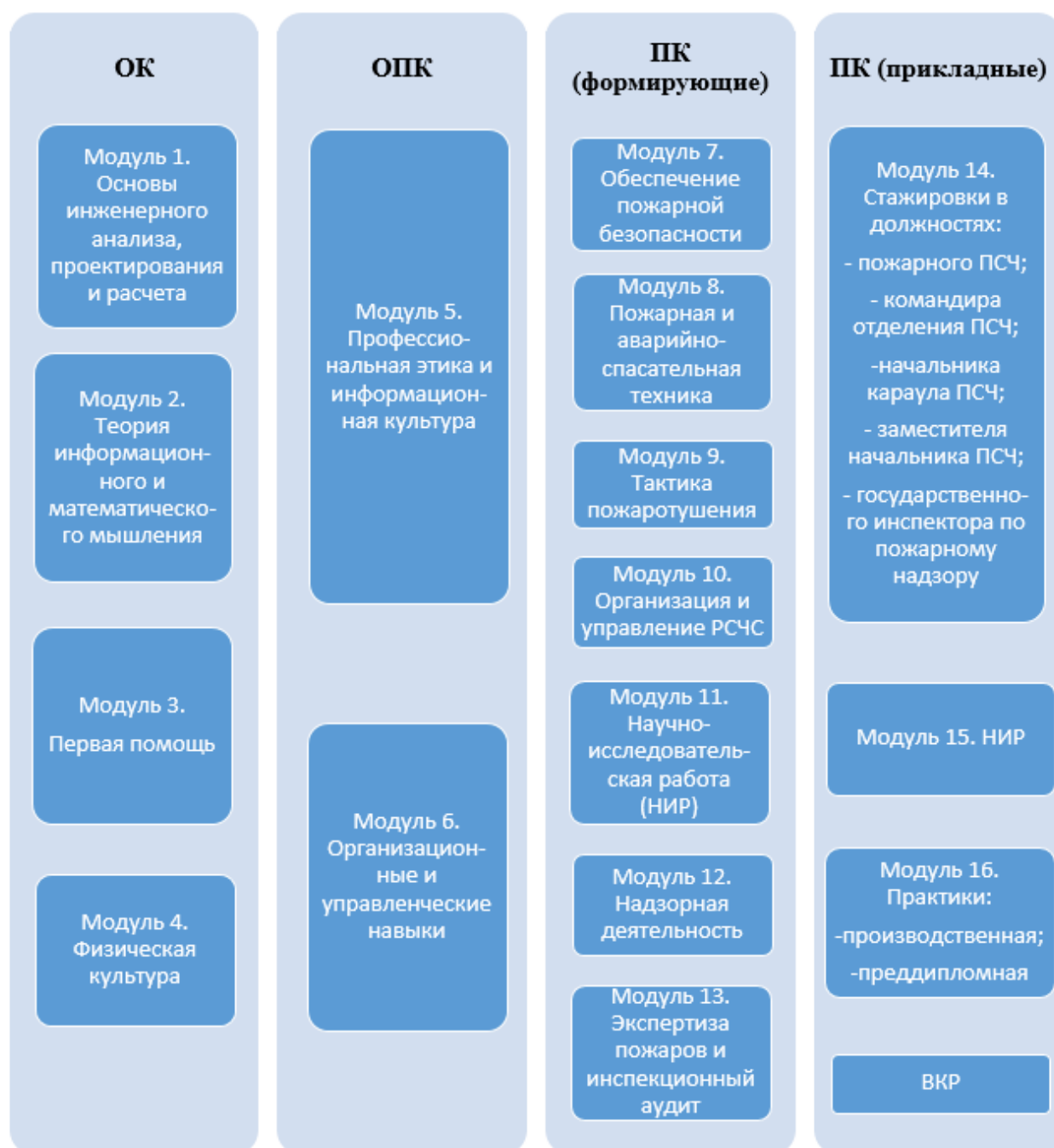


Рис. 4. Структура учебных модулей подготовки специалиста (20.05.01 – Пожарная безопасность)

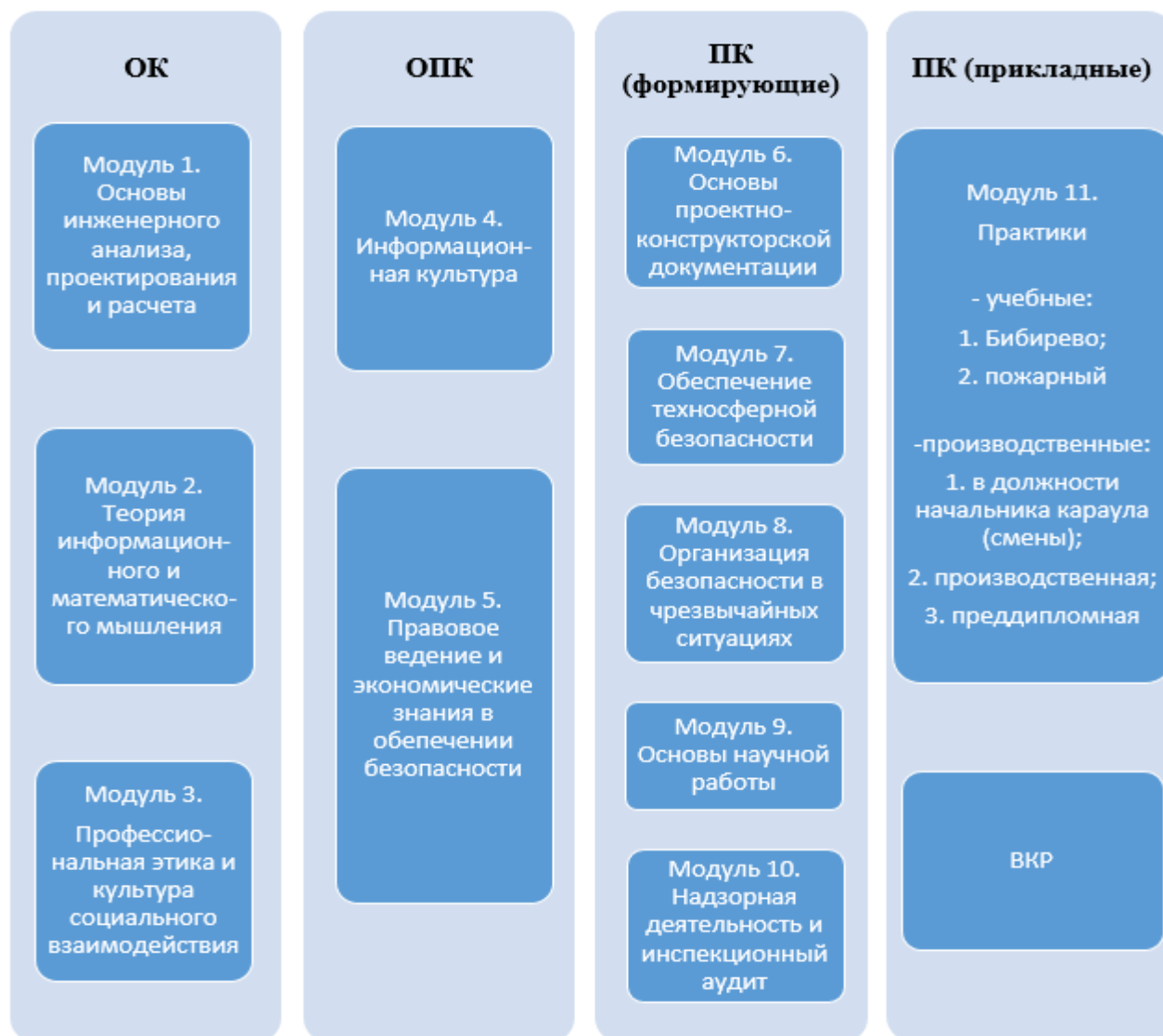


Рис. 5. Структура учебных модулей подготовки бакалавра (20.03.01 – Техносферная безопасность)

В работе предложен перечень учебных модулей (рис. 6), представляющих унифицированную структуру подготовки специалистов Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, исходя из которой видно, что предложенная система соответствует программе подготовки специалиста пожарной безопасности и магистра техносферной безопасности (включающая два уровня образования: бакалавриат + магистратура). Желтым выделена та часть модулей 7, 11, 14, 15 и 16, которые отсутствуют в программе подготовки бакалавра техносферной безопасности (входят в уровень обучения магистратуры).

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

№ 3 (6) – 2017

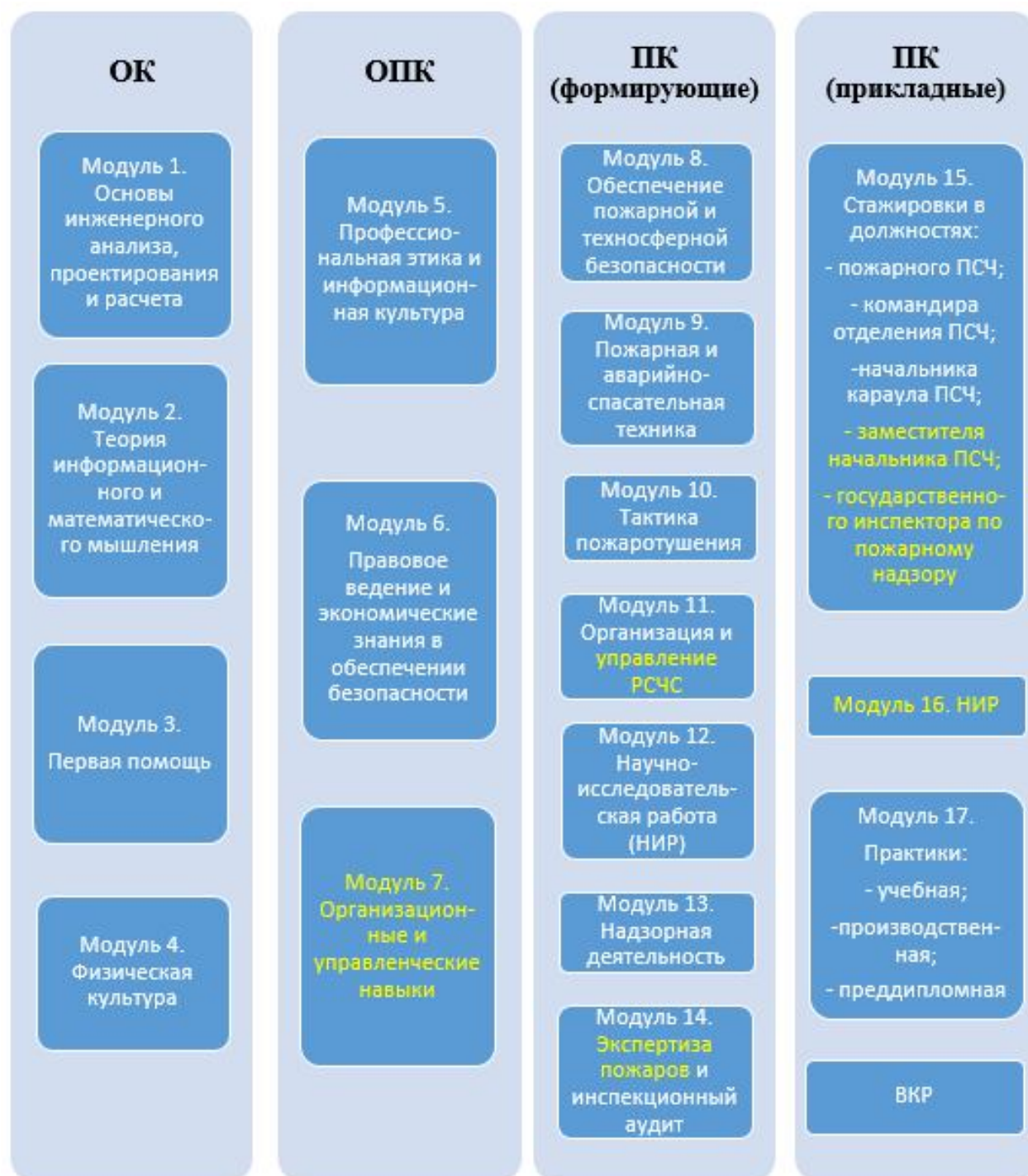


Рис. 6. Унифицированная структура учебных модулей подготовки кадрового состава ГПС МЧС России

На основании проведенных исследований мы пришли к унифицированной адаптивной модели подготовки кадрового состава ГПС МЧС России, реализующей компетентностный подход (рис. 7). Структура модульной программы должна соотноситься со структурой профессиональной деятельности специалистов, раскрывать смысл профессиональных функций и закреплять их понимание через приобретение профессиональных компетенций.

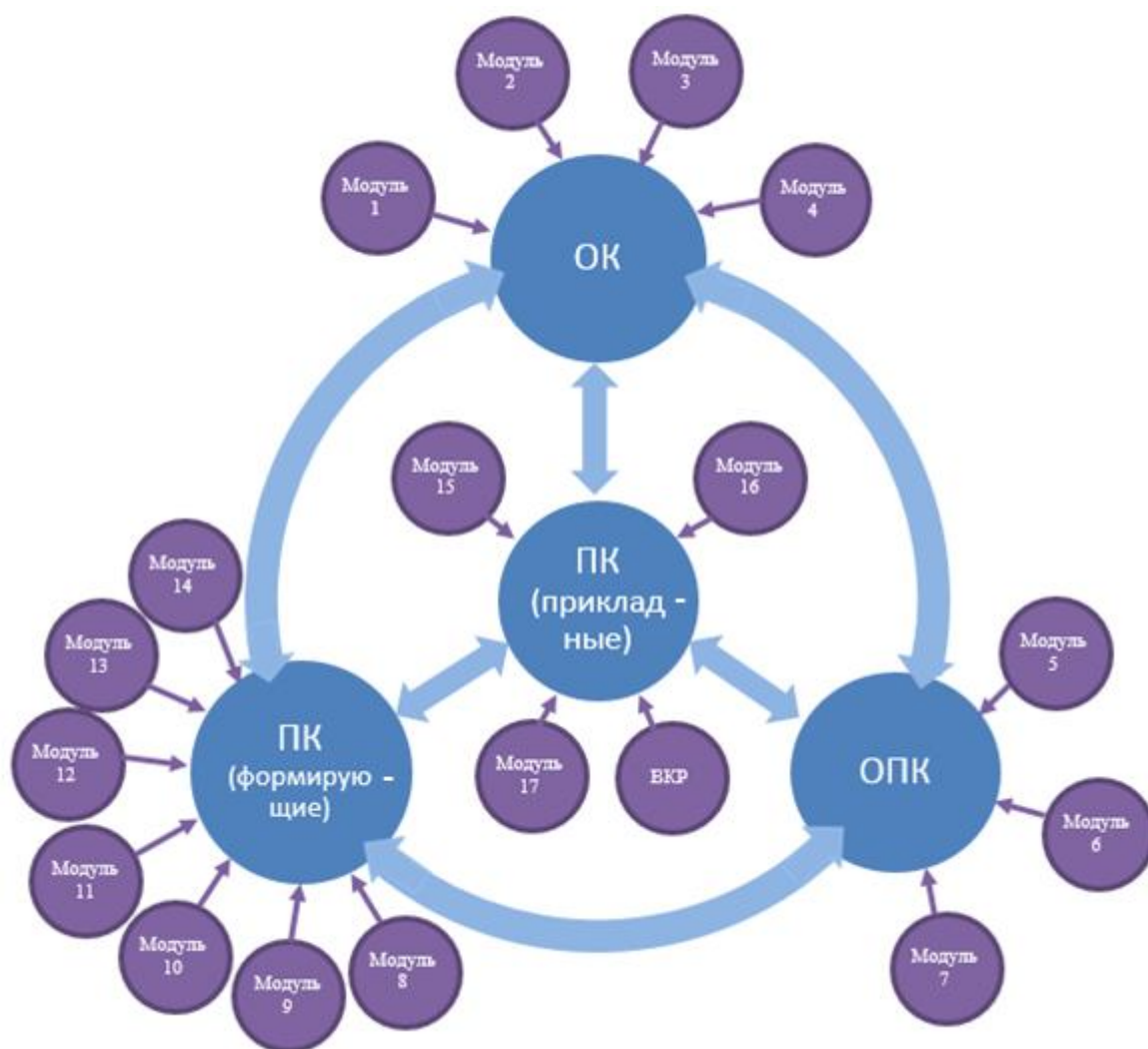


Рис. 7. Адаптивная модель подготовки кадрового состава ГПС МЧС России, реализующая компетентностный подход

Таким образом, достигается ориентация знаниевой части образовательной программы на реализацию адаптивной модели компетентностного подхода подготовки кадрового состава ГПС МЧС России.

Теоретико-методологический анализ показывает, что адаптивная модель подготовки выпускников образовательных организаций высшего образования распространяется в образовательной практике и имеет ряд достоинств:

1. Улучшение качества образования;
2. Совершенствование психолого-педагогической теории адаптивности личности, поскольку в педагогической практике накоплен обширный опыт;
3. Развитие и совершенствование адаптивности личности обучающегося – основа предлагаемой адаптивной модели подготовки высококвалифицированного специалиста;
4. Универсальность и технологичность адаптивной модели, при применении современных инновационных технологий, позволяющих организовать процесс обучения не только в реальных условиях (тренажерные комплексы в подготовке газодымозащитника и психологической адаптации газодымозащитника при прохождении теплодымокамеры, в подготовке водолаза и др.), но и в виртуальных условиях (тренажерные комплексы с использованием 3-D моделирования и обучающие программы);
5. Реализуемость преемственности нового и старого, традиций и инноваций;
6. Возможность реорганизации системы обучения в короткие сроки, поскольку предлагаемая адаптивная модель затрагивает все структурные звенья педагогической системы: цели, содержание, формы, методы и средства обучения и контроля, деятельность обучающихся и обучающихся, образовательную среду;
7. Содержание обучения и используемые педагогические технологии (формы, методы и средства, образовательная среда) адекватны целям и ожидаемым результатам, выраженным в выбранном перечне ключевых (универсальных) и профессиональных компетенций, поэтому возможен переход на новые стандарты по выбранному благоприятному «маршруту» или при условии коррекции образовательного процесса;
8. Определение границ применимости адаптивной модели обучения.

Таким образом, инновационный (передовой педагогический) опыт и развитая педагогическая (психолого-педагогическая) теория являются теми двумя органичными источниками, которые питают эволюционное развитие всей образовательной системы, обеспечивают становление новой образовательной парадигмы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шадриков В. Д.* Новая модель специалиста: инновационная подготовка и компетентностный подход // Высшее образование сегодня. 2004. № 8. С. 26–33.
2. *Кропотова Н. А., Иванов В. Е.* Концептуальные основы формирования профессиональных компетенций обучающихся // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. С. 496–499.
3. *Кропотова Н. А.* Теоретические предпосылки адаптивной системы образования ВУЗов МЧС России // NovaInfo.Ru, 2017. № 58. Т. 3. С. 336–342.
4. *Кропотова Н. А.* Концептуальные основы моделирования адаптивных систем обучения // Там же. С. 342–347.
5. *Кропотова Н. А.* Концепция адаптивного обучения для подготовки обучающихся высшей школы МЧС России для работы в сложных условиях // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 100-летию академика Д.К. Беляева. Иваново: ИГСХА, 2017. С. 205–209.
6. *Узун О. Л.* Система научного обеспечения профессиональной подготовки специалистов МЧС России к деятельности в чрезвычайных ситуациях: автореф. дисс... д-ра пед. наук. Спб.: СПб университет ГПС МЧС России, 2011. 51 с.
7. *Грызлов В. С.* Концепция унификации программ высшего технического образования // Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 4–3. С. 398–405. URL: <https://expeducation.ru/ru/article/view?id=9809> (дата обращения: 31.07.2017).
8. <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/200301.pdf> (дата обращения: 31.07.2017).
9. <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvospec/200501.pdf> (дата обращения: 31.07.2017).
10. http://fgosvo.ru/files/files/Letter_23032017_bak.pdf (дата обращения: 31.07.2017).
11. <http://fgosvo.ru/uploadfiles/npo/20121229180040.pdf> (дата обращения: 31.07.2017).

Kropotova Natalya Anatolievna

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: nzhirova@yandex.ru

Legkova Irina Anatolievna

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: legkovai@mail.ru

Kiselev Vyacheslav Valerievich

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Russian Federation, Ivanovo
E-mail: Slavakis76@mail.ru

Adaptive model of formation of personnel structure state fire service of Emerson of Russia

Abstract. The rapid introduction of new technologies demands high level of training future specialists in various fields, including graduates of departmental educational institutions of Russia. Modern trends of development of higher education, fundamental changes in the status of Russian educational institutions, curriculum content and teaching methods require new and innovative approaches to improving professional training of specialists in educational institutions of higher education. This is especially true for educational organizations engaged in professional training of firefighters and rescuers, the professionalism and competent actions which affect the lives and well-being of society.

Of paramount importance for successful professional activities, have the skills of self-education, applying theoretical knowledge in practical activities, ownership, legal and regulatory frameworks.

Based on the analysed data of professional training and activity of professionals, the conclusions were made about the need to modernize the system of professional training of students to activities in emergency situations. The study was guided by the key professionally relevant competences that are reflected in training programs when performing various tasks in a complex environment, implementing adaptive learning system.

The adaptive system aims at the development of educational programs for the solution of professional tasks and mastering professional skills, as well as the formation of General culture of personality.

Keywords: adaptability; adaptive learning system; the student's adaptation; adaptive model of formation personnel; training of departmental higher educational institutions.

REFERENCES

1. *Shadrikov V. D.* Novaja model' specialista: innovacionnaja podgotovka i kompetentnostnyj podhod // *Vysshee obrazovanie segodnja*. 2004. № 8. S. 26–33.
2. *Kropotova N. A., Ivanov V. E.* Konceptual'nye osnovy formirovanija professional'nyh kompetencij obuchajushhihsja // *Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mehanizmov: sbornik materialov VIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. Ivanovo: Ivanovskaja požarno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii, 2017. S. 496–499.
3. *Kropotova N. A.* Teoreticheskie predposylki adaptivnoj sistemy obrazovanija VUZov MChS Rossii // *NovaInfo.Ru*, 2017. № 58. T. 3. S. 336–342.
4. *Kropotova N. A.* Konceptual'nye osnovy modelirovanija adaptivnyh sistem obuchenija // *Tam zhe*. S. 342–347.
5. *Kropotova N. A.* Konceptcija adaptivnogo obuchenija dlja podgotovki obuchajushhihsja vysshej shkoly MChS Rossii dlja raboty v slozhnyh uslovijah // *Agrarnaja nauka v uslovijah modernizacii i innovacionnogo razvitija APK Rossii: sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-metodicheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvjashhennoj 100-letiju akademika D.K. Beljaeva*. Ivanovo: IGSHA, 2017. S. 205–209.
6. *Uzun O. L.* Sistema nauchnogo obespechenija professional'noj podgotovki specialistov MChS Rossii k dejatel'nosti v chrezvychajnyh situacijah: avtoref. diss... d-ra ped. nauk. Spb.: SPb universitet GPS MChS Rossii, 2011. 51 s.
7. *Gryzlov V. S.* Konceptcija unifikacii programm vysshego tehničeskogo obrazovanija // *Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimental'nogo obrazovanija*. 2016. № 4–3. S. 398–405. URL: <https://expeducation.ru/ru/article/view?id=9809> (data obrashhenija: 31.07.2017).
8. <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/200301.pdf> (data obrashhenija: 31.07.2017).
9. <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvospec/200501.pdf> (data obrashhenija: 31.07.2017).
10. http://fgosvo.ru/files/files/Letter_23032017_bak.pdf (data obrashhenija: 31.07.2017).
11. <http://fgosvo.ru/uploadfiles/npo/20121229180040.pdf> (data obrashhenija: 31.07.2017).

Рецензент: профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией функциональных и адаптивных возможностей детей и учащейся молодежи, доктор педагогических наук, профессор М. А. Правдов (ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет», Шуйский филиал)

УДК 372.881.1

Куражова Ирина Владимировна

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

Доцент

Кандидат филологических наук

E-mail: irina.kurazhova@gmail.com

https://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=783764

Орлова Евгения Валерьевна

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

Старший преподаватель

Кандидат филологических наук

E-mail: orlova.teddy@gmail.com

<https://elibrary.ru/item.asp?id=19269345>

Особенности подготовки сотрудников ведомственных вузов ГПС МЧС России к взаимодействию на иностранном языке в рамках международных мероприятий

Аннотация. Данная статья посвящена особенностям иноязычной подготовки сотрудников ведомственных вузов к взаимодействию в рамках различных крупных мероприятий мировой значимости. Подчеркивается важность владения английским языком на уровне, достаточном для осуществления успешной вербальной коммуникации, поскольку общение является необходимым условием любой совместной деятельности и представляет собой процесс установления и развития контакта между людьми, обмена информацией, восприятия участниками общения друг друга и их взаимодействия. Описывается учебный курс, направленный на развитие и совершенствование межкультурной коммуникативной компетенции личного состава Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. Рассматриваются наиболее важные сферы общения, социально-культурная и профессиональная, в рамках которых сотрудники МЧС России должны осуществлять спонтанное иноязычное речевое общение. Выбор этих сфер общения обусловлен тем, что сотрудники ведомственных вузов должны обладать не только базовыми знаниями английского языка для успешного взаимопонимания с иностранными гостями, но и знаниями в профессиональной сфере для реализации поставленных перед ними задач. Предлагаются способы повышения эффективности образовательного процесса, а также методы, направленные на совершенствование языковой компетенции сотрудников ведомственных вузов.

Ключевые слова: взаимодействие на иностранном языке, коммуникативная компетенция, социально-культурная сфера общения, профессиональная сфера общения, учебный курс.

В контексте участия Российской Федерации в международном сотрудничестве по различным направлениям, таким как наука, культура, образование, спорт, большое значение имеет владение иностранными языками. Современный мир сложен, динамичен и переполнен событиями. Знать иностранный язык сегодня не просто модно – это жизненная необходимость.

На сегодняшний день английский язык является самым востребованным языком мира, всемирным лингва франка, на котором говорят люди из самых разных стран, чтобы понять друг друга (даже если английский не является родным для участников общения). Английский в той или иной степени понимает примерно 1/3 населения мира. Практически все международные деловые, академические и дипломатические переговоры ведутся на языке Шекспира. Во многих европейских странах сегодня английский необходим для получения хорошей работы.

21-й чемпионат мира по футболу ФИФА, финальная часть которого пройдет в России с 14 июня по 15 июля 2018 года, для 11 российских городов и для всей страны в целом станет своего рода испытанием. В рамках этого события международного уровня в Россию приедет 32 команды из разных стран и более 1 миллиона туристов. Кубок конфедераций принимали четыре города: Санкт-Петербург, Москва, Сочи и Казань. На чемпионате мира к ним присоединятся Самара, Нижний Новгород, Саранск, Волгоград, Калининград, Ростов-на-Дону и Екатеринбург. Причем календарь турнира составлен таким образом, что одна команда на групповом этапе не сыграет в одном городе дважды. То есть, тот же Нижний Новгород могут посетить до 12 разных команд.

В этой связи совершенно очевидны задачи, которые ставятся перед страной-организатором мероприятия подобного рода. Прежде всего, это достойный уровень проведения и обеспечение безопасности в тех городах, где будет проходить мероприятие, и в стране в целом. Безусловно, сотрудники тех структур и подразделений, которые задействованы в организации чемпионата, должны владеть английским языком на уровне, достаточном для осуществления успешной вербальной коммуникации. Отметим, что общение является необходимым условием всякой совместной деятельности и представляет собой процесс установления и развития контакта между людьми, обмена информацией, восприятия участниками общения друг друга и их взаимодействия [4, с. 87].

Проведение крупных мероприятий мировой значимости в России обуславливает все большую потребность в специалистах, владеющих иностранным языком, в том числе и сотрудников МЧС России, обеспечивающих комплексную безопасность. Успешное проведение спасательных работ в определенной степени зависит от качества взаимодействия с иностранными гражданами в случае ЧС. При возникновении экстремальных ситуаций сотрудники МЧС России должны владеть не только базовыми знаниями английского языка для успешного взаимопонимания с иностранными гостями, но и знаниями в профессиональной сфере для реализации поставленных перед ними задач. Подготовка специалистов МЧС России к взаимодействию на иностранном языке в рамках международных мероприятий также подразумевает участие в международных операциях по ликвидации последствий ЧС и общение с иностранными коллегами на различном уровне, к примеру, при организации мероприятий международного сотрудничества, приеме иностранных делегаций и многое другое. Требование правительства РФ ко всем сотрудникам ведомственных вузов о необходимости достижения порогового уровня иноязычной коммуникативной компетенции явилось основанием к созданию курса повышения квалификации. Данный курс по английскому языку был подготовлен преподавателями кафедры иностранных языков и профессиональных коммуникаций Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России для личного состава ведомства, задействованного при проведении Кубка конфедераций FIFA 2017 года и Чемпионата мира по футболу FIFA 2018 года. Следует отметить, что в учебном курсе учитывается сложившийся опыт языковой подготовки и возможности оптимизации образовательного потенциала при обучении иностранным языкам. Соотнесенность целей и содержания обучения с формированием коммуникативной компетенции, а также с развитием лингвокультурологической и профессионально значимой направленности обусловило методическую новизну учебного курса. В рамках предложенного курса обучающиеся получают сведения по двум сферам общения: социально-культурная и профессиональная.

В социально-культурную сферу общения на данном этапе были включены 4 основных раздела: Meeting and Greeting People (Встреча и приветствие), Invitation, Request and Advice (Приглашение, просьба и совет), Promise, Gratitude, Agreement, Disagreement, Apology (Обещание, согласие, несогласии, благодарность и извинение), Sympathy, Misunderstanding, Warning and Saying Goodbye (Сочувствие, непонимание, предостережение, прощание). Также в рамках раздела, посвященного социально-культурной сфере общения, предлагается дополнительный лексический материал, который включает названия месяцев и времен года, дней недели, а также числительные, сообщение времени и городской транспорт. Каждый раздел содержит список обязательной для запоминания лексики, который сопровождается транскрипцией на русском языке и

переводом. Кроме того, предложенный лексический материал отрабатывается с помощью разнообразных упражнений, которые нацелены на включение, в конечном итоге, данной лексики в активный вокабуляр пользователя.

В профессиональную сферу общения были включены 7 основных разделов: An Emergency Call (Экстренный вызов), Fire (Пожар), Car Accident (Дорожно-транспортное происшествие), First Aid (Первая помощь), Questionnaire (Анкетные вопросы), Giving Directions (Ориентация в городе). Каждый раздел содержит список обязательной для запоминания лексики, представленный в виде фраз и выражений. Каждая фраза лексического минимума сопровождается транскрипцией на русском языке и переводом. Усвоение материала происходит посредством выполнения лексико-грамматических упражнений. Активизация лексического минимума также осуществляется при помощи заданий на перевод. Курс завершается итоговым тестированием. Предполагается, что в итоге сотрудники, успешно прошедшие данный курс повышения квалификации, смогут взаимодействовать с иностранными гражданами в социально-бытовой сфере и в условиях чрезвычайной ситуации.

Отбор языкового материала осуществлялся с учетом задач и функций, поставленных перед специалистами МЧС России в процессе их профессиональной деятельности. Речевые конструкции организованы по тематическому принципу. Логическая последовательность речевых конструкций позволяет смоделировать реальный диалог в ходе поисково-спасательных операций на английском языке. Материал курса способствует развитию навыков спонтанной устной и письменной речи на базе аутентичных текстов и диалогов, адаптированных к базовому уровню иноязычной коммуникативной компетенции. Таким образом, данный курс имеет практико-ориентированный характер, так как представляет собой моделирование операций по проведению поисково-спасательных работ на иностранном языке, максимально приближенных к реальности, что позволит спасателям использовать полученные знания в реальной жизни для решения профессиональных практических задач.

В ходе обучения сотрудники МЧС России смогут осуществлять телефонные коммуникации на иностранном языке, принимать и обрабатывать экстренные вызовы, поступающие от иностранных граждан. Соответствующий раздел включает диалоги по телефону с возможными репликами. Это позволяет смоделировать возможные ситуации и сфокусироваться на необходимых языковых фразах. Курс содержит лексический минимум, разговорные клише и специальную терминологию, позволяющие сотрудникам МЧС России взаимодействовать с иностранными гражданами при поисково-спасательных работах и ликвидации пожаров. Таким образом, освоение языка происходит в профессиональных узконаправленных коммуникативных ситуациях, что позволит облегчить взаимодействие с гражданами на иностранном языке в случае ЧС, при необхо-

димости оказать психологическую поддержку или первую помощь при состояниях, угрожающих жизни и здоровью граждан, а также при спасении людей во время пожара, ДТП и других непредвиденных ситуациях.

Следует отметить, что сотрудникам МЧС России также рекомендуется использовать Русско-английский разговорник для спасателей под редакцией Субботиной И.И. [6], Англо-русский и русско-английский разговорник «Чрезвычайные ситуации», составленный Вовчага Н., Дидух Л., Коваль М., Шуневыч Б. [1], а также Русско-английский разговорник для личного состава МЧС России, подготовленный преподавателями кафедры иностранных языков Академии ГПС МЧС России для получения навыков общения на иностранных языках личным составом МЧС России, задействованным в обеспечении безопасности при проведении Кубка конфедерации FIFA 2017 [7]. Разговорники включают профессионально-ориентированный лексический материал, который обладает высокой частотностью. Систематизация материала по тематическим разделам также облегчает пользование разговорниками и дает возможность быстро найти необходимую информацию, что особенно важно в экстренных ситуациях.

Таким образом, разработанный курс повышения квалификации включает необходимый лексический минимум для осуществления социального общения, а также реализации иноязычной коммуникативной компетенции в профессиональной сфере. Кроме того, он содержит оптимальное количество упражнений для отработки материала, а также контрольный тест. Безусловно, данный курс не заменяет полноценного обучения иностранному языку и может по необходимости дополняться лексическим материалом, формирующим коллокационную осведомленность обучающихся [5, с. 11], а также аутентичным аудио- и видеоматериалами [2, с. 496], однако в определенной степени может явиться отличным мотивирующим средством для сотрудников и курсантов ведомственных вузов к дальнейшему изучению иностранного языка, так как уровень владения английским языком является определяющим фактором при рекомендации к участию в мероприятиях международного масштаба.

Таким образом, подготовка сотрудников ведомственных вузов ГПС МЧС России к взаимодействию на иностранном языке в рамках международных мероприятий на сегодняшний день является одной из приоритетных задач страны. Подчеркнем, что сотрудники МЧС России должны не только владеть базовыми знаниями английского языка, но и знать профессиональную терминологию для решения первоочередных задач по обеспечению безопасности иностранных граждан во время мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Emergency situations / Чрезвычайные ситуации: англо-русский и русско-английский разговорник «Чрезвычайные ситуации» / Н. Вовчаста [и др.]. Львов, 2014. 128 с.
2. Дмитриева С. В., Куражова И. В. Видео как эффективное средство формирования иноязычной коммуникативной компетенции у студентов неязыковых вузов // Пожарная и аварийная безопасность: сб. материалов XI Международной научно-практической конференции, посвященной Году пожарной охраны, Иваново, 24–25 ноября 2016 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. С. 495–497.
3. Евстифеева О. С. Актуальность обучения профессиональной лексики (на английском языке) сотрудников МЧС России для подготовки к Всемирной зимней универсиаде – 2019 // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015. Т. 2. № 1(4). С. 165–168.
4. Карвасарский Б. Д. Клиническая психология: учебник для вузов. 4-е изд. СПб.: Питер, 2004. 553 с.
5. Международная деятельность МЧС России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mchsr.ru/news/396173-mejdunarodnaya-deyatelnost-mchs-rossii.html> (Дата обращения: 15.09.17).
6. Орлова Е. В. Английская коллокация в условиях интерференции: автореф. дис... канд. филол. наук. Иваново: ИвГУ, 2011. 24 с.
7. Сергеев С. В. Обеспечение безопасности в период проведения XXVII Всемирной летней универсиады в г. Казани // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2013. Вып. № 3(8). С. 46–58.
8. Сотрудники МЧС России, обеспечивающие безопасность на Кубке Конфедераций FIFA 2017 года, будут общаться со спортсменами и болельщиками на 6 языках. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://tsaricino.mos.ru/the-ministry-of-emergency-situations-informs/detail/5590689.html> (Дата обращения: 15.09.17)
9. Субботина И. И. Русско-английский разговорник для спасателей. М.: Академия гражданской защиты МЧС России, 2014. 166 с.
10. Russian-English Phrase-Book for Officers of EMERKOM of Russia. Русско-английский разговорник для личного состава МЧС России. М.: Академия ГПС МЧС России, 2017. 36 с.

Kurazhova Irina Vladimirovna

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: irina.kurazhova@gmail.com

Orlova Evgeniya Valerjevna

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: orlova.teddy@gmail.com

Peculiarities of preparation of the personnel of departmental institutions of EMERCOM of Russia to communication in a foreign language in international events

Abstract. The article is devoted to the peculiarities of preparation of personnel of EMERCOM of Russia to communication in a foreign language in various international events. The importance of knowing the English language on the level sufficient to fulfilling successful verbal communication is underlined, as communication is considered an important condition of every collaborative activity and is a specific process of setting and developing of people's relationship, information exchange, perception of participants of communication and their correlation. An academic course aimed at development and improvement of international communication skills of the personnel of EMERCOM of Russia is described. The most important spheres of communication, social-cultural and professional, in which the personnel of EMERCOM of Russia must establish spontaneous foreign verbal communication, are viewed. The choice of these spheres is determined by the necessity of possessing not only the basic knowledge of the English language in order to achieve mutual understanding with foreign guests but also by the necessity of using professional vocabulary in order to solve the targets set. The ways of increasing the efficiency of educational process, and also the methods, aimed at improving the language competence of the personnel of EMERCOM of Russia, is offered.

Keywords: communication in a foreign language, communicative competence, social-cultural sphere of communication, professional sphere of communication, academic course.

REFERENCES

1. Emergency situations / Chrezvychajnye situacii: anglo-russkij i russko-anglijskij razgovornik «Chrezvychajnye situacii» / N. Vovchasta [i dr.]. L'vov, 2014. 128 s.

2. *Dmitrieva S. V., Kurazhova I. V.* Video kak jeffektivnoe sredstvo formirovanija inojazychnoj kommunikativnoj kompetencii u studentov nejazykovyh vuzov // *Pozharnaja i avarijnaja bezopasnost'*: sb. materialov XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj Godu pozharnoj ohrany, Ivanovo, 24–25 nojabrja 2016 g. Ivanovo: Ivanovskaja pozharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii, 2016. S. 495–497.

3. *Evstifeeva O. S.* Aktual'nost' obuchenija professional'noj leksiki (na anglijskom jazyke) sotrudnikov MChS Rossii dlja podgotovki k Vsemirnoj zimnej universiade – 2019 // *Problemy obespechenija bezopasnosti pri likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij*. 2015. T. 2. № 1(4). S. 165–168.

4. *Karvasarskij B. D.* Klinicheskaja psihologija: uchebnik dlja vuzov. 4-e izd. SPb.: Piter, 2004. 553 s.

5. Mezhdunarodnaja dejatel'nost' MChS Rossii [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://mchsrf.ru/news/396173-mejdunarodnaya-deyatelnost-mchs-rossii.html> (Data obrashhenija: 15.09.17).

6. *Orlova E. V.* Anglijskaja kollokacija v uslovijah interferencii: avtoref. dis... kand. filol. nauk. Ivanovo: IvGU, 2011. 24 s.

7. *Sergeev S. V.* Obespechenie bezopasnosti v period provedenija XXVII Vsemirnoj letnej universiady v g. Kazani // *Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii*. 2013. Vyp. № 3(8). S. 46–58.

8. Sotrudniki MChS Rossii, obespechivajushhie bezopasnost' na Kubke Konfederacij FIFA 2017 goda, budut obshhat'sja so sportsmenami i bolel'shhikami na 6 jazykah. [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://tsaricino.mos.ru/the-ministry-of-emergency-situations-informs/detail/5590689.html> (Data obrashhenija: 15.09.17)

9. *Subbotina I. I.* Russko-anglijskij razgovornik dlja spasatelej. M.: Akademija grazhdanskoj zashhity MChS Rossii, 2014. 166 s.

10. Russian-English Phrase-Book for Officers of EMERKOM of Russia. Russko-anglijskij razgovornik dlja lichnogo sostava MChS Rossii. M.: Akademija GPS MChS Rossii, 2017. 36 s.

Рецензент: доцент, кандидат филологических наук К. А. Врыганова (ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)

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

УДК 351/354

Закинчак Андрей Игоревич

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

Доцент

Кандидат экономических наук

Доцент

E-mail: zakinchak@mail.ru

ORCID: 0000-0003-3827-7884

Researcher ID: E-8250-2016

SPIN-код: 7426-9107

https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=498435

Братушев Александр Андреевич

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

Магистрант

E-mail: alex-bratushev@mail.ru

SPIN-код: 8661-9239

https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=940468

Двинских Алексей Анатольевич

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

Магистрант

E-mail: aleha-1395@mail.ru

SPIN-код: 9756-2746

https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=940472

**Адаптация элементов проектного управления
в деятельности аварийно-спасательных служб**

Аннотация. В статье авторами проводится анализ особенностей внедрения проектного управления в сферу деятельности органов исполнительной власти, в частности Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. В ходе сравнительного анализа особенностей процессного и проектного управления выявлены преимущества проектного управления над традиционными формами управления. В статье приведены рекомендации по возможно-

стям применения отдельных элементов проектного управления, таких как сетевые графики, сетевые модели и другие в деятельность аварийно-спасательных служб в форме вспомогательных и контролирующих элементов процесса основной деятельности. При этом отмечается, что комплексное внедрение проектного управления, возможно, потребует пересмотра всего комплекса организации повседневного функционирования аварийно-спасательных структур. На основании проведенного ранее исследования делаются выводы о том, что отдельные элементы проектного управления вполне могут быть адаптированы в деятельности как аварийно-спасательных служб, так и Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий в целом, а определенные предпосылки к данному процессу имеются уже сейчас в виде существующей базы нормативно-правовых актов и заявлений первых лиц государства.

Ключевые слова: проектное управление, проектный офис, сетевое планирование, оптимизационные задачи, аварийно-спасательные работы, система управления, контроль результатов, проектные ограничения.

На современном этапе развития техники и технологий в качестве управленческого инструментария зачастую используются устаревшие методы, связанные с традиционным функциональным управлением. Современные подходы к оценке эффективности управления региональными структурами содержат множество допущений, которые не позволяют в полной мере оценить их эффективность [1]. Методы проектного управления, в свою очередь, позволяют не только контролировать конечный результат деятельности, но и прогнозировать ход реализации мероприятий и их соответствие заданным целям. Для государственного сектора характерно управление в условиях строгих ограничений по затратам, срокам и качеству работ. При этом, вопросы гибкого планирования и адаптации промежуточных целей реализуемой деятельности оказываются существенной проблемой в силу специфики функционирования государственных структур.

Внедрение проектного управления в государственные структуры требует формирования нового типа управленцев – системного организатора, который создает в рамках своей деятельности проект, планирует его и организует его выполнение. Такой подход к организации системы управления сильно отличается от традиционного «одномерного» стиля управления, при котором рассматривается только один аспект решаемой задачи на одном уровне управления. Системность управления как раз и является сутью проектного подхода, когда происходит управление всей совокупностью связей в рамках определенной

деятельности, и при принятии решений используется весь объем информации, касающийся как внутренних эффектов, так и внешнего окружения проекта.

Использование проектного управления отражено в «Основных направлениях деятельности Правительства РФ на период до 2018 года». Отмечается, что проектное управление – ключевой инструмент повышения эффективности органов исполнительной власти [2].

Создание центров управления проектами организации, или проектных офисов, которые будут осуществлять управление и контроль проектов органов власти, позволит заметно снизить риски, связанные с профессиональным управлением и квалификацией участников выполнения проекта. Важной особенностью проектного управления является универсальность его методик.

В деятельности государственных органов можно выделить две категории, характеризующих деятельность: процесс и проект. Процесс характеризуется последовательными и повторяющимися операциями, а проект рассматривается как ограниченный во времени конкретный набор мероприятий, который может привести в рамках объединения нескольких проектов и государственных программ к уникальному результату.

Используя результаты сравнения проекта и процесса как видов деятельности по нескольким ключевым параметрам (табл. 1), можно выявить необходимость использования тех или иных элементов проектного управления. Так, для контроля и оптимизации процессной деятельности необязательно создавать отдельную управленческую структуру с перераспределением полномочий. Для этого достаточно использовать отдельные методики и подходы, характерные для системы управления проектами, что потребует заметно меньших ресурсных затрат. При этом, общая система управления в организации может оставаться традиционной. Кроме того, большинство методик уже имеют автоматизированный и формализованный вариант исполнения, что не позволит существенно возрасти затратам на переобучение и повышение квалификации персонала.

Таким образом, можно говорить об очевидных преимуществах проектного управления как альтернативы традиционному типу управления. В то же время, обособленное использование элементов проектного управления имеет большие риски, нежели традиционное, поэтому необходимо проводить комплекс мероприятий по их снижению, анализ возможностей полноценной реализации стратегических мероприятий, ориентированных на перспективу, т.к. неполноценное внедрение проектного управления в организации может привести к негативным последствиям.

Министерство экономического развития разработало рекомендации по внедрению проектного управления в государственных органах [3]. Необходимо обозначить ряд принципов для эффективного внедрения проектного управления:

1. Последовательность внедрения;

2. Направленность внедрения;
3. Целостность и полезность;
4. Аprobация и гибкость;
5. Усложнение системы и ориентация на результат.

Помимо этого, методические рекомендации ориентированы в большей степени на подготовку органов государственной власти к внедрению проектного управления. В них отсутствуют конкретные методики и механизмы.

Таблица 1. Сравнительная характеристика функционирования проектной и процессной деятельности

Оцениваемый параметр	Проект	Процесс
Регламентация деятельности	План или устав проекта	Методические указания или регламент
Контроль исполнения мероприятий	По ресурсам, времени и бюджету	По отклонениям в процессе деятельности
Непрерывность координации действий	Да	Нет
Инструменты управления	Сетевая диаграмма, матрица ролей, график Ганта, матрица ответственности	Организационные схемы, методические рекомендации и регламенты
Оптимизация мероприятий	Корректировки в ходе исполнения	При нарушении процесса
Степень риска	Значительная	Малая
По характеру управления	Превентивное	Управление на основе контроля (традиционное)

Деятельность Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий как органа исполнительной власти содержит массу специфических элементов, которые требуют индивидуального подхода к внедрению данного вида управления. В рамках деятельности МЧС России можно выделить элементы, деятельность которых можно оптимизировать, что будет способствовать эффективности всей системы в целом. При этом необходимо комплексно оценить организационные изменения в управленческой структуре, которые затронут алгоритм реагирования на те или иные вызовы, которые стоят перед Министерством. Возможно, потребуется кардинально пересмотреть систему принятия решений в случае внедрения проектного управления.

В рамках Послания Федеральному Собранию РФ 3 декабря 2015 г. В. В. Путин поручил регионам создавать свои проектные офисы [4]. В этом ключе рассмотрение вопроса о реализации проектного управления в МЧС России за-

висит от того, на базе какой структуры будет создан так называемый «проектный офис» Министерства. Использование проектных офисов местных органов власти позволит повысить интеграцию деятельности Министерства в региональные структуры, но при этом существует риск снижения адаптации реализуемых проектов к централизованной структуре Министерства. И в тоже время создание единого проектного офиса для Министерства снизит уровень адаптации реализуемых проектов к региональным возможностям и структурам.

При должной проработке вопроса по внедрению проектное управление по сравнению с традиционным управлением позволит эффективнее достигать поставленных целей, снижает издержки и повышает своевременность выполнения поставленных задач.

Как было сказано ранее, проектное управление подразумевает разновидность комплексного рассмотрения поставленных задач и системную организацию деятельности. Эти качества необходимы при организации работы аварийно-спасательных подразделений, когда вопросы управления как повседневной деятельности, так и в режиме реагирования на чрезвычайную ситуацию требуют сочетания навыков проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ от множества структур системы предупреждения и ликвидации чрезвычайной ситуации.

Наличие в этой структуре четких алгоритмов и жесткого распределения функций и обязанностей позволяет с помощью современных программно-математических систем сформулировать оптимизационные задачи для поиска оптимального решения по распределению ресурсов, что подводит нас к возможности использования проектного управления: наличие четкой цели, ограниченность ресурсов и сроков на реализацию поставленных задач. В этой связи, можно говорить о том, что использование проектного управления в рамках деятельности аварийно-спасательных служб может повысить эффективность их функционирования.

При этом в рамках использования проектного управления в деятельности аварийно-спасательных служб необходима структуризация и декомпозиция проекта на составляющие – более простые элементы. В рамках повседневной деятельности подразделений аварийно-спасательных служб могут использоваться отдельные элементы проектного управления в рамках процессов реорганизации подразделений и повышения квалификации сотрудников и работников.

Внедрение элементов проектного управления в деятельность аварийно-спасательных служб позволит существенно повысить своевременность операций, снизит затраты, а также обеспечит обоснованность и прозрачность при осуществлении взаимодействия между различными ведомствами в рамках еди-

ной государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

От грамотного планирования действий аварийно-спасательных служб зависит эффективность аварийно-спасательных мероприятий в целом. В процессе решения возникающих проблем, связанных с ликвидацией последствий чрезвычайной ситуации, на наш взгляд, необходимо использовать системный подход, что позволит повысить согласованность деятельности аварийно-спасательных служб, иногда разрозненных территориально. При решении оперативных задач управления, а также при проведении превентивных мероприятий крайне важно определить последовательность всех работ, их продолжительность и важность той или иной работы с точки зрения конечного результата.

На основании анализа мероприятий, связанных с ликвидацией последствий различных чрезвычайных ситуаций, специалисты [5] выделяют ряд принципов, на которых базируется метод планирования мероприятий в ходе деятельности аварийно-спасательных служб:

1. Наглядность.
2. Оперативность.
3. Доступность.

Как один из инструментов, ассоциированный с проектным управлением и широко используемый в строительной отрасли, метод сетевого планирования позволяет:

- с учетом времени возникновения ЧС определить время начала и завершения деятельности аварийно-спасательных служб при ликвидации последствий чрезвычайной ситуации;
- определить исполнителя мероприятий, а также все необходимые действия аварийно-спасательных формирований.

Сетевая модель, лежащая в основе системы сетевого планирования, основана на взаимосвязи всех работ, наличием общей единой конечной цели, а также последовательности всех операций. Данный метод позволяет также учитывать все возможные варианты развития чрезвычайной ситуации и тем самым своевременно вносить корректировки в деятельность аварийно-спасательных служб. Важно лишь определить параметры сетевого графика с отображением работ, событий и возможных сценариев развития чрезвычайной ситуации. Эти операции можно провести в рамках учений, тренировок или анализа паспорта безопасности объекта защиты с учетом возможностей привлекаемых к обеспечению безопасности сил и средств. Корректировка сетевых моделей необходима в тех случаях, когда продолжительность критического пути будет превышать нормативное значение времени проведения аварийно-спасательных работ и может быть осуществлена в ходе проведения аварийно-спасательных работ центром поддержки принятия решений, созданным на базе штаба ликвидации

чрезвычайной ситуации. Результатом планировочных работ должно стать такое распределение аварийно-спасательных служб по участкам работ, при котором простой сил и средств ликвидации чрезвычайной ситуации исключен. В данном случае, ключевой особенностью данного вида планирования является возможность оптимизации плана на стадии его разработки, что определяет эффективность управления и целесообразность использования методов сетевого планирования в целом.

Оптимизационные возможности сетевого графика (рис. 1) позволяют оценить эффективность не только на основании конечного результата аварийно-спасательных и других неотложных работ, но и в ходе их планирования. Подобной оценке можно подвергнуть планы привлечения сил и средств при рассмотрении типовых сценариев чрезвычайных ситуаций, характерных для конкретной местности, при отработке вводных учений и тренировок.



Рис. 1. Структура оптимизации сетевого графика

Таким образом, технологии проектного управления вполне могут быть применены как в деятельности аварийно-спасательных служб, так и в деятельности Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий в целом. Определенные предпосылки к данному процессу уже имеются. Создаваемые комиссии по ликвидации чрезвычайных ситуаций своей деятельностью во многом схожи с деятельностью проектных офисов, которые предлагается создавать в регионах. Другое дело, что перекладывать функции, которые изначально должен выполнять проектный офис на комиссию по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности в силу специфики организации ее деятельности нецелесообразно. Поэтому следующей задачей, которую необходимо решать в контексте проектного управления, должна стать концепция создания проектных офисов под функции и потребности МЧС России. Это позволит реализовать дальнейшие мероприятия по внедрению данного вида управления в деятельность всей системы в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малахов В. П. Критический анализ методов оценки эффективности государственного управления в регионах // Социально-экономические явления и процессы. 2011. №1-2. С.165-167. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kriticheskiy-analiz-metodov-otsenki-effektivnosti-gosudarstvennogo-upravleniya-v-regionah> (дата обращения 14.07.2017).
2. Основные направления деятельности Правительства Российской Федерации на период до 2018 года (утв. Правительством РФ 14 мая 2015 г.)
3. Об утверждении Методических рекомендаций по внедрению проектного управления в органах исполнительной власти: Распоряжение Министерства экономического развития РФ от 14 апреля 2014 г. № 26Р-АУ.
4. Послание Президента РФ В.В. Путина Федеральному Собранию РФ от 3 декабря 2015 г.
5. Ахтямов Р. Г., Елизарьев А. Н., Вдовина И. В. Применение сетевых моделей при планировании аварийно-спасательных и других неотложных работ // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2012. № 2. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-setevykh-modeley-pri-planirovanii-avariynospasatelnyh-i-drugih-neotlozhnyh-rabot> (дата обращения: 14.07.2017).
6. Полякова Н. В., Заряева Н. П. Современные формы и методы управленческой деятельности в системе МЧС России // Вестник ВИ ГПС МЧС России. 2016. № 1(18). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-formy-i-metody-upravlencheskoy-deyatelnosti-v-sisteme-mchs-rossii> (дата обращения: 14.07.2017).
7. Малека Ю. Н., Ланин А. Н., Щукарев С. Ю. Особенности проектного управления в МЧС России: постановка проблемы // Прикладные научные исследования и экспериментальные разработки, основанные на результатах фундаментальных и по-

исковых исследований: научно-практическая конференция / под ред. А. П. Кошкина. М.: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2017. С. 132–142.

8. *Симонов В. В., Заусаев А. А.* О методике оценки эффективности выполнения задач СЦ МЧС России в военное время // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2016. № 3 (30). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/o-metodike-otsenki-effektivnosti-vypolneniya-zadach-sts-mchs-rossii-v-voennoe-vremya> (дата обращения: 14.07.2017).

9. *Богатырев Э. Я., Ткачев А. И.* Оптимизация функционирования территориальных и функциональных подсистем РСЧС на основе методов теории исследования операций // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2014. № 2. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-funktsionirovaniya-territorialnyh-i-funktsionalnyh-podsystem-rschs-na-osnove-metodov-teorii-issledovaniya-operatsiy> (дата обращения: 14.07.2017).

10. *Ширинкин П. В., Батуро А. Н., Иванов Д. В.* Моделирование действий по ликвидации дорожно-транспортных происшествий как способ совершенствования управления деятельностью подразделений МЧС России // Наукоедение: Интернет-журнал. 2016. №5 (36). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-deystviy-po-likvidatsii-dorozhno-transportnyh-proissheshtviy-kak-sposob-sovershenstvovaniya-upravleniya-deyatelnostyu> (дата обращения: 14.07.2017).

11. *Закинчак А. И., Чумаков М. В.* Совершенствование подходов к обеспечению эффективной реализации управленческих функций в рамках проектного управления // Генезис экономических и социальных проблем субъектов рыночного хозяйства в России. 2017. Т. 1. № 1 (11). С. 24–26.

12. *Закинчак А. И., Чумаков М. В., Найденова С. В.* О вопросе применения проектного управления в области пожарной безопасности // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны, Иваново, 18 апреля 2017 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. С. 250–254.

13. *Братушев А. А., Закинчак А. И.* Анализ возможности применения методик проектного управления в повседневной деятельности РСЧС // Совершенствование вопросов антикризисного управления: сборник материалов круглого стола, посвященного Году гражданской обороны, Иваново, 23 мая 2017 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. С. 13–17.

14. *Закинчак А. И., Двинских А. А., Харламов А. В.* Анализ возможности применения методик проектного управления при ликвидации ЧС // Совершенствование вопросов антикризисного управления: сборник материалов круглого стола, посвященного Году гражданской обороны, Иваново, 23 мая 2017 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. С. 36–40.

Zakinchak Andrey Igorevich

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

Bratushev Aleksandr 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
E-mail: alex-bratushev@mail.ru

Dvinskikh Alexey 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
E-mail: aleha-1395@mail.ru

Adapting elements of project management in the activities of the emergency services

Abstract. In scientific publications authors the analysis of the peculiarities of the implementation of project management in the scope of activities of Executive authorities, in particular the Ministry of the Russian Federation for civil defense, emergencies and elimination of consequences of natural disasters. In the comparative analysis of the features of process and project management advantages project management over traditional forms of management. The article provides recommendations on the potential use of individual elements of project management such as network diagrams, network models and others in the activities of the emergency services in the form of auxiliary and regulatory elements of the core business. It is noted that an integrated implementation of project management may require revision of the whole complex organization of daily functioning of emergency agencies. On the basis of previous research conclusions that the individual elements of project management may be adapted in activities like emergency services and the Ministry of the Russian Federation for civil defense, emergencies and elimination of consequences of natural disasters in General, and certain prerequisites to this process is already available in the existing base of normative-legal acts and statements of the first persons of the state.

Keywords: Project management, project office, network planning, optimization problems, rescue work, control system, monitoring of results, project constraints.

REFERENCES

1. *Malahov V. P.* Kriticheskij analiz metodov ocenki jeffektivnosti gosudarstvennogo upravlenija v regionah // Social'no-jekonomicheskie javlenija i processy. 2011. №1-2. S.165-167. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kriticheskij-analiz-metodov-otsenki-effektivnosti-gosudarstvennogo-upravleniya-v-regionah> (data obrashhenija 14.07.2017).
2. Osnovnye napravlenija dejatel'nosti Pravitel'stva Rossijskoj Federacii na period do 2018 goda (utv. Pravitel'stvom RF 14 maja 2015 g.)
3. Ob utverzhdenii Metodicheskikh rekomendacij po vnedreniju proektnogo upravlenija v organah ispolnitel'noj vlasti: Rasporjazhenie Ministerstva jekonomi-cheskogo razvitija RF ot 14 aprelja 2014 g. № 26R-AU.
4. Poslanie Prezidenta RF V.V. Putina Federal'nomu Sobraniju RF ot 3 de-kabrja 2015 g.
5. *Ahtjamov R. G., Elizar'ev A. N., Vdovina I. V.* Primenenie setevyh modelej pri planirovanii avarijno-spasatel'nyh i drugih neotlozhnyh rabot // Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashhity. 2012. № 2. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-setevyh-modelej-pri-planirovanii-avarijno-spasatelnyh-i-drugih-neotlozhnyh-rabot> (data obrashhenija: 14.07.2017).
6. *Poljakova N. V., Zarjaeva N. P.* Sovremennye formy i metody upravlencheskoj dejatel'nosti v sisteme MChS Rossii // Vestnik VI GPS MChS Rossii. 2016. № 1(18). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-formy-i-metody-upravlencheskoj-deyatelnosti-v-sisteme-mchs-rossii> (data obrashhenija: 14.07.2017).
7. *Maleka Ju. N., Lapin A. N., Shhukarev S. Ju.* Osobennosti proektnogo upravlenija v MChS Rossii: postanovka problemy // Prikladnye nauchnye issledovaniya i jeksperimental'nye razrabotki, osnovannye na rezul'tatah fundamental'nyh i po-iskovyh issledovanij: nauchno-prakticheskaja konferencija / pod red. A. P. Koshkina. M.: FGBOU VO «RJeU im. G. V. Plehanova», 2017. S. 132–142.
8. *Simonov V. V., Zausaev A. A.* O metodike ocenki jeffektivnosti vypolnenija zadach SC MChS Rossii v voennoe vremja // Nauchnye i obrazovatel'nye problemy gra-zhdanskoj zashhity. 2016. № 3 (30). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/o-metodike-otsenki-effektivnosti-vypolneniya-zadach-sts-mchs-rossii-v-voennoe-vremya> (data obra-shhenija: 14.07.2017).
9. *Bogatyrev Je. Ja., Tkachev A. I.* Optimizacija funkcionirovaniya territorijal'nyh i funkcional'nyh podsystem RSChS na osnove metodov teorii issledovaniya operacij // Strategija grazhdanskoj zashhity: problemy i issledovaniya. 2014. № 2. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-funktsionirovaniya-territorialnyh-i-funktsionalnyh-podsystem-rschs-na-osnove-metodov-teorii-issledovaniya-operatsiy> (data obrashhenija: 14.07.2017).
10. *Shirinkin P. V., Baturo A. N., Ivanov D. V.* Modelirovanie dejstvij po likvidacii dorozhno-transportnyh proisshestvij kak sposob sovershenstvovaniya upravlenija dejatel'nost'ju podrazdelenij MChS Rossii // Naukovedenie: Internet-zhurnal. 2016. №5 (36). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-deystviy-po-likvidatsii-dorozhno->

transportnyh-proisshestviy-kak-sposob-sovershenstvovaniya-upravleniya-deyatelnostyu (data obrashheniya: 14.07.2017).

11. *Zakinchak A. I., Chumakov M. V.* Sovershenstvovanie podhodoov k obespecheniju jeffektivnoj realizacii upravlencheskih funkcij v ramkah proektnogo upravlenija // *Genezis jekonomicheskikh i social'nyh problem sub#ektov rynochnogo hozjajstva v Ros-sii*. 2017. T. 1. № 1 (11). S. 24–26.

12. *Zakinchak A. I., Chumakov M. V., Najdenova S. V.* O voprose primeneniija proektnogo upravlenija v oblasti pozharnoj bezopasnosti // *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniija inzhenernyh sistem obespechenija pozharnoj bezopasnosti ob#ektov: materialy IV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoi konferencii, posvjashhennoj Godu grazhdanskoj oborony*, Ivanovo, 18 aprelja 2017 g. Ivanovo: Ivanovskaja pozharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii, 2017. S. 250–254.

13. *Bratushev A. A., Zakinchak A. I.* Analiz vozmozhnosti primeneniija metodik proektnogo upravlenija v povsednevnoj dejatel'nosti RSChS // *Sovershenstvovanie voprosov antikrizisnogo upravlenija: sbornik materialov kruglogo stola, posvjashhenogo Godu grazhdanskoj oborony*, Ivanovo, 23 maja 2017 g. Ivanovo: Ivanovskaja pozharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii, 2017. S. 13–17.

14. *Zakinchak A. I., Dvinskih A. A., Harlamov A. V.* Analiz vozmozhnosti primeneniija metodik proektnogo upravlenija pri likvidacii ChS // *Sovershenstvovanie vo-prosov antikrizisnogo upravlenija: sbornik materialov kruglogo stola, posvjashhen-nogo Godu grazhdanskoj oborony*, Ivanovo, 23 maja 2017 g. Ivanovo: Ivanovskaja po-zharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii, 2017. S. 36–40.

Рецензент: доцент, кандидат технических наук, доцент О. В. Сизова (ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)

УДК 378.14.015.62: 35.085.3

Ковязин Никита Юрьевич

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

Слушатель магистратуры

E-mail: nkoviazin@yandex.ru

Горинова Светлана Владимировна

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

Профессор

Доктор экономических наук

Профессор

E-mail: s.v.gorinova@mail.ru

Анализ проблем формирования практических компетенций обучающихся и адаптации их к трудовой деятельности

Аннотация. Наличие, состав и соотношение профессиональных компетенций выпускников образовательных учреждений определяются, в основном, требованиями государственных образовательных стандартов и квалификационными характеристиками должностей. Дальнейший профессиональный рост связан с необходимостью адаптации на местах службы - приспособлением к изменяющимся условиям трудовой среды по мере карьерного роста. В связи с этим возникает ряд проблем, требующих своего изучения и разрешения. Ключевой проблемой авторы считают различия требуемых от сотрудников будущим работодателем (комплектующим органом МЧС России) профессиональных умений и навыков, приобретенных в процессе обучения в образовательных учреждениях. Данная проблема осложняется отсутствием у выпускников четкого понимания собственной профессиональной роли, целей профессионального роста и развития при стремлении к интересной работе и ожидании быстрого карьерного роста. В результате были предложены направления по развитию адаптационного механизма: повысить эффективность взаимодействия образовательных учреждений и комплектующих органов МЧС России при подготовке управленческих кадров; использовать поэтапный механизм адаптации специалистов; развивать систему наставничества и поддержки для вновь прибывших на службу сотрудников; формировать благоприятные внутриорганизационные условия адаптации, способствующие повышению мотивации сотрудников и развития профессиональной компетентности.

Ключевые слова: профессиональные компетенции, практические служебные навыки, образование, адаптационный механизм, адаптант, формирование практических компетенций, адаптационная среда, уровень компетенций.

Роль практической составляющей в профессиональных компетенциях сотрудников Федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (далее ФПС ГПС МЧС России) состоит в обеспечении эффективности выполнения задач по обеспечению пожарной безопасности объектов защиты, в применении знаний и умений для реализации своих должностных обязанностей. Система подготовки кадров в учебных учреждениях ФПС ГПС МЧС России осуществляется на основании государственных образовательных стандартов, которые регулярно актуализируются в соответствии с требованиями «болонской» модели образования, реализующей компетентностный подход [2, с.113]. Оставляя за рамками рассмотрения проблематику перестройки образовательных процессов в России, обратим внимание на объективную потребность в формировании, применении и оценке профессиональных компетенций.

Формирование профессиональных компетенций начинается в учебных заведениях и продолжается на протяжении всей трудовой деятельности человека. Отметим несколько критических точек этого процесса.

Во-первых, при поступлении в учебное заведение абитуриент доказывает свою способность освоить образовательную программу и включается в образовательный процесс практически не подготовленным к новой сфере деятельности. На этом этапе осуществляется поддержка тьюторами или кураторами для лучшей адаптации к условиям обучения и привыкания к особенностям будущей профессии.

Во-вторых, при приеме выпускников на работу возникают определенные трудности, поскольку не бывает идеального соответствия претендента требованиям вакансии по квалификации и опыту. В этот период кризиса профессиональных ожиданий требуются усилия с двух сторон. Работодатель стремится инкорпорировать нового сотрудника, а он, в свою очередь, проявляет максимальное стремление применить полученные знания, умения и навыки к решению поставленных задач и одновременно приобрести новые умения и навыки. Зачастую в этот период возникают как внешние, так и внутренние конфликты из-за несостоявшихся ожиданий с обеих сторон. При возникновении кризиса профессиональных ожиданий отмечается потребность в освоении новых социальных и профессиональных ролей [10, с.47]. Поскольку этот кризис является нормативным (то есть прогнозируемым и измеримым), его разрешение должно идти по конструктивному пути.

В-третьих, в процессе продвижения по службе также отмечаются временные несоответствия приобретенных ранее компетенций новым должностным обязанностям. Это самый продолжительный и менее острый период развития и саморазвития компетенций. Его продолжительность позволяет целенаправленно и последовательно совершенствовать, развивать профессиональные компетенции, обеспечивая их наилучшую реализацию в деятельности организации.

Именно в означенных критических точках возникает потребность в особом адаптационном механизме, позволяющем с наименьшими потерями освоить непрерывный образовательный процесс. Управление процессом адаптации кадров ФПС ГПС МЧС России предусматривает реализацию определенных действий по формированию квалифицированных специалистов, воспринявших все компоненты профессиональной деятельности. Состав адаптационного механизма включает в себя элементы профессиональной ориентации и элементы профессионального развития на каждой стадии непрерывного образовательного процесса, участниками которого являются: адаптант (обучающийся профессии, стажер на должности, молодой специалист, начинающий сотрудник и т.д.); руководители учреждений (образовательных, органов управления ФПС ГПС МЧС России и др.); сотрудники кадровой службы и службы психологического обеспечения; наставники; коллеги и сослуживцы.

Наибольшую остроту имеют проблемы адаптации выпускников образовательных учреждений к трудовой деятельности в связи с различиями требуемых работодателем профессиональных умений и навыков, приобретенных в процессе обучения на базе образовательных учреждений. Означенная проблема усугубляется отсутствием у выпускников четкого понимания собственной профессиональной роли, целей профессионального роста при одновременном стремлении к интересной работе и ожиданием карьерного роста.

Успешность выпускника учебного заведения в профессиональной деятельности, как известно, обеспечивается способностью к эффективной работе на уровне мировых стандартов, готовностью к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности, свободным владением профессией. Поэтому построение модели профессиональной подготовки должно быть основано на точном определении области деятельности будущих специалистов, на формировании целевых задач и ключевых содержательных функций профессиональной подготовки [5]. Рассмотрим особенности профессиональной деятельности в системе управления ФПС ГПС МЧС России.

Высокая приспособляемость персонала к быстро изменяющимся условиям труда в ФПС ГПС МЧС России считается одной из наиболее важных характеристик адаптационного процесса. Приспособляемость сотрудника к новому месту службы, к новому коллективу, к новым условиям труда определяет скорость его самореализации в трудовой сфере, включает механизм его профес-

сиональной трудовой карьеры. Приспособление рассматривается как сложный и многогранный процесс взаимодействия сотрудника с окружающей его профессиональной трудовой средой с целью освоения сотрудником незнакомой для него новой трудовой ситуации. Приспособление сотрудника к профессиональной трудовой деятельности – это один из важнейших элементов, определяющих успешность и эффективность дальнейшей работы в трудовой сфере.

Повышенная требовательность к выполняемой работе со стороны руководства связана с особенностями службы в ФПС ГПС МЧС России. Независимо от статуса персонал (сотрудник, государственный служащий, работник) обязан беспрекословно выполнять распоряжения вышестоящего руководителя [1, 3].

Высокая степень ответственности должностных лиц при исполнении служебных обязанностей обусловлена тем, что руководящий состав подразделений ФПС ГПС МЧС России несет персональную ответственность за жизнь и здоровье своих подчиненных. Повышенный риск, возникающий при выполнении профессиональных обязанностей в условиях ЧС, обусловлен высокой степенью опасности для жизни и здоровья в случае неправильных действий ответственных лиц. Цена совершенной ошибки становится более высокой в период прогнозирования и ликвидации ЧС, а профессия пожарного (спасателя) находится на верхней строчке общего списка самых опасных профессий в мире.

Перечисленные особенности профессиональной деятельности влияют на формирование компетенций в процессе обучения. Качество подготовки выпускников определяется состоянием образовательной среды, которая представляет собой совокупность взаимообусловленных и взаимосвязанных процессов, от их формы, уровня, периодичности и скорости реализации [6]. Грамотное управление этими процессами предполагает соблюдение таких принципов компетентного подхода, как адаптивность, технологичность, открытость, учебно-методическая обеспеченность, информативность.

В разделе «Квалификационные характеристики должностей работников, осуществляющих деятельность в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечения пожарной безопасности, безопасности людей на водных объектах и объектах ведения горных работ в подземных условиях» приложения к Единому квалификационному справочнику должностей руководителей, специалистов и служащих определены уровни подготовки претендентов на должности в системе РСЧС (Российской единой системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций).

По мнению В.И. Федянина модель должностных компетенций сотрудников ГПС МЧС России складывается в виде некоторой «пирамиды компетенций», в основании которой находится матрица компетенций базового уровня, затем специализации, специфики отрасли, узкопрофильных экспертных знаний

и внутренних технологий [9]. Базовый уровень закладывается у специалиста в период его обучения, при этом данная область включает в себя огромное количество компетенций. Для выполнения должностных обязанностей особую ценность для сотрудника будет составлять лишь часть имеющихся у него компетенций, назовем их необходимым уровнем. Остальные компетенции несут вспомогательную роль. Представим это в виде упрощенной модели.

Необходимый уровень компетенций «В» основывается на нескольких компетенциях базового уровня (компетенциях «А»). При этом остальные компетенции базового уровня «А» будут являться опорой для необходимого уровня «В» (рис. 1.)

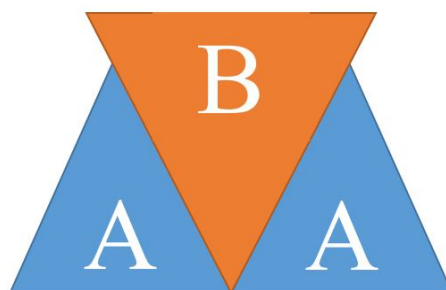


Рис. 1. Модель построения профессиональных компетенций

Для теоретического осмысления процесса развития профессиональных компетенций в процессе сквозного образования возникает потребность оценки совместимости (расхождения) компетенций базового и необходимого уровней. Данная проблема заключается в том, что сами адаптанты, в силу своего незначительного опыта практической работы, не в состоянии выделить из имеющегося у них базового уровня необходимый уровень компетенций и адекватно оценить их ценность для саморазвития. Поэтому вновь прибывший на службу сотрудник дезориентируется в сложившейся трудовой ситуации, т.е. у него происходит срыв адаптационного процесса. Срыв адаптационного процесса во многом создает социальные, экономические, трудовые, моральные потери. Гораздо проще определить основополагающие должностные компетенции работодателю, который, однако, не всегда готов и способен оценить базовый уровень компетенций и пытается выстраивать необходимый уровень без прочной опоры. Неразрешенность означенных проблем наносит вред обеим сторонам адаптационного процесса. С одной стороны, адаптант, как новый сотрудник, может потерять свое место службы, и все его усилия по получению образования будут напрасны. С другой стороны, организация, в которую устраивался адаптант, теряет потенциально ценного сотрудника, что впоследствии приведет

к дополнительным тратам ресурсов на поиск нового специалиста для выполнения необходимого объема работ.

Скорректировать и не допустить срыва адаптационного процесса возможно при создании пошагового механизма приспособления вновь прибывшего на службу сотрудника, что оговаривалось ранее, а также в период формирования базового уровня должностных компетенций за счет целенаправленного смещения необходимого уровня должностных компетенций в области базового уровня (рис. 2) [4].

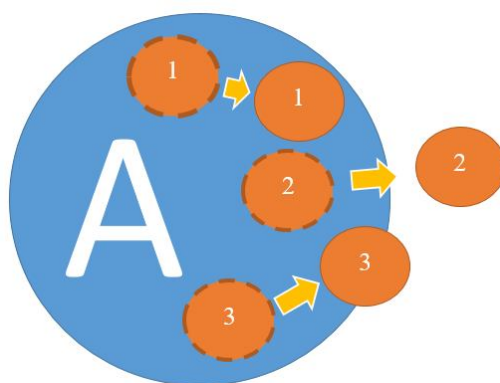


Рис. 2. Модель смещения необходимых должностных компетенций в области базового уровня

При этом необходимый уровень компетенций может находиться в области базового уровня полностью или частично, а также выходить за эту область полностью. В случае нахождения необходимого уровня внутри базового корректировка смещения будет минимальной, а в случае, когда необходимый уровень полностью или частично выходит за пределы базового, – требуется корректировка не только части касающейся смещения, но и корректировка увеличения базового уровня для укрепления необходимого. Корректировку следует проводить в период обучения будущего специалиста, совместно с будущими работодателями.

Отметим в заключение необходимые условия эффективной адаптации вновь прибывших на службу сотрудников ФПС ГПС МЧС России:

1. Формирование механизма тесного взаимодействия комплектующих органов с образовательными учреждениями в процессе формирования профессиональных компетенций.

2. Создание пошагового механизма адаптации с жестким постадийным контролем набора профессиональных компетенций. Это позволит проводить процесс адаптации за более короткие промежутки времени и снизить затраты.

3. Институт наставничества следует развивать в направлении образовательного учреждения, когда наставник будет контролировать процесс адаптации, начиная с образовательного учреждения, проводить промежуточные оценки и давать рекомендации по завершении адаптационного процесса.

4. Создание внутри организации условий, обеспечивающих высокий уровень мотивации к сквозному образованию, развитию у сотрудников стремления к повышению профессиональной компетентности, к качественному карьерному росту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Требования работодателей к системе профессионального образования / Е. М. Аврамова [и др.]. М.: Макс Пресс, 2006. Т. 127.

2. *Грешных А. А., Бунаков М. Ю., Скачков А. В.* Педагогическая модель формирования профессиональной компетентности в вузах МЧС России // Вестник ИГПС. 2011. № 3. С. 113–119.

3. *Давыденко Т. М., Пересыпкин А. П., Верзунова Л. В.* Роль работодателей в процессе развития профессиональных компетенций студентов при реализации учебных и производственных практик // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 2.

4. *Ковязин Н. Ю.* Адаптация вновь прибывших сотрудников МЧС России к изменяющимся условиям трудовой деятельности // Научный альманах. 2017. №3–2(29). URL: <http://ucom.ru/doc/na.2017.03.02.pdf> (дата обращения: 10.09.2017).

5. *Колomoец М. В.* Проблемы адаптации студентов технических специальностей в профессиональной деятельности // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 4. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/problemy-adaptatsii-studentov-tehnicheskikh-spetsialnostey-v-professionalnoy-deyatelnosti> (дата обращения: 10.09.2017).

6. *Малый И. А., Горинова С. В.* Проектирование практико-ориентированной среды при подготовке управленческих кадров в области пожарной безопасности, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2016. № 4. С. 136–142.

7. О квалификационных требованиях к должностям в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы: Приказ МЧС России от 1 декабря 2016 г. № 653. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=PNPA;n=28100#0> (дата обращения: 11.09.2017).

8. Об утверждении Порядка организации кадровой работы в МЧС России и Порядка осуществления ведомственного контроля за соблюдением законодательства Российской Федерации о военной службе, о службе в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы, о государственной гражданской службе Российской Федерации и трудового законодательства Российской Федерации в МЧС России: Проект Приказа МЧС России (подготовлен МЧС России 12.10.2016)

URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=PNPA;n=28100#0> (дата обращения: 10.09.2017).

9. Модель должностных компетенций и результатов обучения работников ГПС МЧС России / В. И. Федянин [и др.] // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2013. № 1(2). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/model-dolznostnyh-kompetentsiy-i-rezultatov-obucheniya-rabotnikov-gps-mchs-rossii> (дата обращения: 09.09.2017).

10. Проблемные аспекты профессиональной адаптации молодых специалистов ФПС ГПС МЧС России / В. В. Харин [и др.] // BADANIA I ROZWÓJ. BiTP Vol. 32 Issue 4, 2013, pp. 43-52. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemnye-aspekty-professionalnoy-adaptatsii-molodyh-spetsialistov-fps-gps-mchs-rossii> (дата обращения: 13.09.2017).

Kovyazin Nikita Jurievich

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: nkoviazin@yandex.ru

Gorinova Svetlana Vladimirovna

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: s.v.gorinova@mail.ru

Analysis of problems of practical competences of learners and their adaptation to work

Abstract. The availability, composition and correlation of professional competencies of graduates of educational institutions are determined, mainly, by the requirements of state educational standards and qualification characteristics of posts. Further professional growth is related to the need for adaptation on the ground of service - adaptation to the changing conditions of the working environment as far as career growth. In this regard, a number of problems arise that require their study and resolution. The key problem is the authors consider the differences in the professional skills required by the future employer (the component body of the Ministry of Emergencies of Russia) acquired in the process of training in educational institutions. This problem is complicated by the lack of a clear understanding among the graduates of their own professional role, the goals of professional growth and development, while striving for an interesting job and waiting for rapid career growth. The key problem is in the process of training in educational institutions. This problem is complicated by the lack of a clear understanding between the graduates of their own professional career, the goals of the professional growth and development, while striving for an interesting job and waiting for rapid career growth.

Keywords: professional competencies, practical service skills, education, adaptation mechanism, adaptant, the formation of practical competencies, the adaptation environment, the level of competences.

REFERENCES

1. Trebovanija rabotodatelej k sisteme professional'nogo obrazovanija / E. M. Avraamova [i dr.]. M.: Maks Press, 2006. T. 127.
2. Greshnyh A. A., Bunakov M. Ju., Skachkov A. V. Pedagogicheskaja model' formirovanija professional'noj kompetentnosti v vuzah MChS Rossii // Vestnik IGPS. 2011. № 3. S. 113–119.

3. *Davydenko T. M., Peresypkin A. P., Verzunova L. V.* Rol' rabotodatelej v processe razvitija professional'nyh kompetencij studentov pri realizacii ucheb-nyh i proizvodstvennyh praktik // *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. 2012. № 2.

4. *Kovjazin N. Ju.* Adaptacija vnov' pribyvshih sotrudnikov MChS Rossii k izmenjajushhimsja uslovijam trudovoj dejatel'nosti // *Nauchnyj al'manah*. 2017. №3–2(29). URL: <http://ucom.ru/doc/na.2017.03.02.pdf> (data obrashhenija: 10.09.2017).

5. *Kolomoec M. V.* Problemy adaptacii studentov tehniceskikh special'nostej v professional'noj dejatel'nosti // *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta*. 2012. № 4. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/problemy-adaptatsii-studentov-tehnicheskikh-spetsialnostej-v-professionalnoj-deyatelnosti> (data obrashhenija: 10.09.2017).

6. *Malyj I. A., Gorinova S. V.* Proektirovanie praktiko-orientirovannoj sredy pri podgotovke upravlencheskich kadrov v oblasti pozharnoj bezopasnosti, za-shhity naselenija i territorij ot chrezvychajnyh situacij // *Sovremennye naukoemkie tehnologii. Regional'noe prilozhenie*. 2016. № 4. S. 136–142.

7. O kvalifikacionnyh trebovanijah k dolzhnostjam v federal'noj protivopo-zharnoj sluzhbe Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby: Prikaz MChS Rossii ot 1 dekabrja 2016 g. № 653. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=PNPA;n=28100#0> (data obrashhenija: 11.09.2017).

8. Ob utverzhdenii Porjadka organizacii kadrovoj raboty v MChS Rossii i Porjadka osushhestvlenija vedomstvennogo kontrolja za sobljudeniem zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii o voennoj sluzhbe, o sluzhbe v federal'noj protivopozharnoj sluzhbe Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby, o gosudarstvennoj grazhdanskoj sluzhbe Rossijskoj Federacii i trudovogo zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii v MChS Rossii: Proekt Prikaza MChS Rossii (podgotovlen MChS Rossii 12.10.2016) URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=PNPA;n=28100#0> (data obrashhenija: 10.09.2017).

9. Model' dolzhnostnyh kompetencij i rezul'tatov obuchenija rabotnikov GPS MChS Rossii / V. I. Fedjanin [i dr.] // *Problemy obespechenija bezopasnosti pri lik-vidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij*. 2013. № 1(2). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/model-dolzhnostnyh-kompetentsiy-i-rezultatov-obucheniya-rabotnikov-gps-mchs-rossii> (data obrashhenija: 09.09.2017).

10. Problemnye aspekty professional'noj adaptacii molodyh specialistov FPS GPS MChS Rossii / V. V. Harin [i dr.] // *BADANIA I ROZWÓJ. BiTP Vol. 32 Issue 4*, 2013, pp. 43-52. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemnye-aspekty-professionalnoy-adaptatsii-molodyh-spetsialistov-fps-gps-mchs-rossii> (data obrashhenija: 13.09.2017).

Рецензент: доцент, кандидат технических наук, доцент О. В. Сизова (ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»)

НАУЧНЫЙ ДЕБЮТ

(статьи членов научного общества обучающихся)

УДК 614.842.628+ 54.057

Степанов Егор Владимирович

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

E-mail: stepanov9619@mail.ru

Бубнов Владимир Борисович

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

Кандидат технических наук

Доцент

E-mail: kafppv@mail.ru

https://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=280841

Исследование условий синтеза полиакриламида и его использование в системах водяного пожаротушения

Аннотация. В статье излагаются результаты исследования технологии получения водорастворимого полимера – полиакриламида, а также возможность его использования в системах пожаротушения.

Введение определенных количеств полимеров в поток воды может оказывать различное влияние на величину гидравлических сопротивлений в трубопроводах спринклерных и дренчерных установок пожаротушения и в пожарных рукавах. В свою очередь то, какими показателями будет обладать получаемый полимер, зависит от вида, концентрации исходных мономеров, соответствующего подбора компонентов иницирующей системы, технологических параметров, таких как температура, при которой осуществляется процесс, и конструктивных параметров (размеров конструктивных элементов проектируемого оборудования), времени пребывания синтезируемого продукта в аппаратах установки.

Проведенные комплексные экспериментальные и численные исследования позволили рекомендовать технологические параметры процесса синтеза полиакриламида. Численные исследования проводились на основе разработанной кинетической модели процесса.

Анализ результатов экспериментальных исследований позволил также рекомендовать условия использования полиакриламида в системах водяного пожаротушения.

Ключевые слова: полиакриламид; процесс полимеризации; кинетика синтеза; математическая модель, гидравлические потери.

Проблема снижения гидравлических сопротивлений при транспортировке огнетушащей среды по трубопроводам и рукавным линиям при тушении пожаров на различных объектах защиты является весьма важной, поскольку от величины возникающих сопротивлений зависят энергетические затраты на перемещение среды.

Тушение пожаров с использованием воды является одним из основных способов, так как вода имеет ряд преимуществ перед другими огнетушащими составами. Огнетушащая эффективность воды определяется комплексом физико-химических показателей. Основное свойство воды заключается в том, что она имеет значительную теплоемкость. Она способна отнимать от горящих веществ значительное количество тепла, снижая температуру очага горения до такой, при которой горение становится невозможно. Разработка эффективных водных огнетушащих составов является приоритетным направлением в пожаротушении.

Обеспечение необходимых свойств осуществляется путём разработки огнетушащего состава, а также нахождением оптимального способа его получения. С практической точки зрения особый интерес представляет рецептура растворов, позволяющая придать воде необходимые свойства. Водорастворимые полимеры и сополимеры на основе акриламида и его производных относятся к числу полимерных материалов, обладающих уникальным комплексом свойств [2, 8, 9, 10]. К таким свойствам можно отнести возможность регулирования в широких пределах молекулярной массы, незначительную токсичность готового продукта. Введение незначительных добавок водорастворимого полиакриламида в различные системы резко снижает сопротивление трению [1, 7].

Данные полимеры получают в виде гелей, а также в виде порошков гетерофазной полимеризацией в водно-спиртовых растворах [2, 3]. Получаемые гели имеют ограниченную область применения, они неэкономичны при транспортировке и неудобны при приготовлении рабочих растворов. Технология получения порошкообразного продукта гетерофазной полимеризацией малоценна по экологическим соображениям.

Необходимость улучшения качества и увеличения количества новых прогрессивных видов полимерных материалов делает проблему исследования процессов получения водорастворимых полимеров на основе акриламида

достаточно актуальной. В связи с вышеуказанными свойствами полимеров представляет значительный интерес исследование условий их использования в области пожаротушения.

Важной задачей является подбор оптимальных технологических параметров, которые позволяют получать готовый продукт с требуемыми свойствами, оказывающими наиболее эффективное влияние на пропускную способность трубопроводов в случае использования полимеров как агентов, снижающих величину гидравлических сопротивлений.

Первостепенную роль при изучении процессов полимеризации играет исследование кинетики полимеризации, поскольку на этой стадии, в основном, формируются качественные показатели синтезируемых продуктов.

Комплексные экспериментальные исследования кинетики синтеза полиакриламида, а также численные исследования на основе созданных математических моделей кинетики процесса позволяют разработать рекомендации, обеспечивающие получение готового продукта с широким диапазоном свойств (различной молекулярной массой, вязкостью, влажностью).

Введение определенных количеств полимеров в поток воды может оказывать различное влияние на величину гидравлических сопротивлений в трубопроводах спринклерных и дренчерных установок пожаротушения и в пожарных рукавах. В свою очередь то, какими показателями будет обладать получаемый полимер, зависит от вида, концентрации исходных мономеров, соответствующего подбора компонентов иницирующей системы, технологических параметров, таких как температура, при которой осуществляется процесс, и конструктивных параметров (размеров конструктивных элементов проектируемого оборудования), времени пребывания синтезируемого продукта в аппаратах установки.

Экспериментально исследовались процессы синтеза полиакриламида с использованием в качестве исходного сырья акриламидной массы, в водных растворах в изотермических условиях. В качестве иницирующей системы применялась окислительно-восстановительная система: персульфат калия-тиосульфат натрия.

На рис. 1 представлены результаты экспериментальных исследований кинетики синтеза полиакриламида.

Проведенные исследования позволили установить зависимости степени превращения и вязкости 0,5 %-ного раствора реакционной массы от времени полимеризации и температуры процесса.

Установлено, что с увеличением температуры степень превращения монотонно возрастает. Поскольку при температуре выше 30 °С вязкость раствора снижается, несмотря на рост степени превращения, можно сделать

вывод, что это обусловлено существенным снижением молекулярной массы получаемого продукта.

Установлено, что увеличение концентрации персульфата калия с $4,4 \cdot 10^{-3}$ моль/л и концентрации тиосульфата натрия с $3,2 \cdot 10^{-3}$ моль/л не приводит к существенному снижению молекулярной массы полиакриламида, а при снижении концентраций можно получить полимер с более высокой молекулярной массой, но время процесса при этом слишком велико.

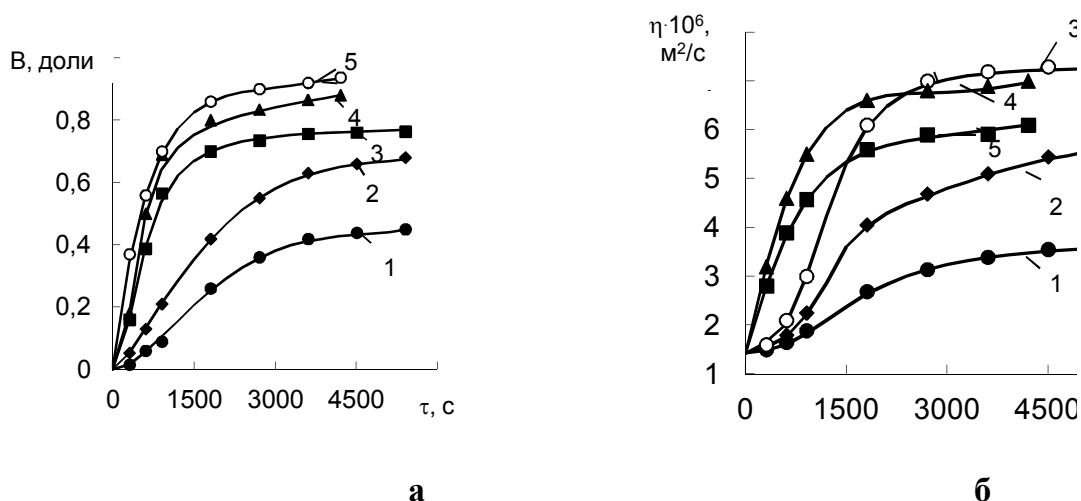


Рис. 1. Зависимость степени превращения а) и вязкости 0,5 %-ного раствора реакционной массы б) от времени полимеризации при различных температурах проведения процесса

Концентрация персульфата калия: $4,4 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Концентрация тиосульфата натрия: $3,2 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Температура процесса: 1- 20 °С; 2- 25 °С; 3- 30 °С; 4- 35 °С; 5- 40 °С.

Для полиакриламида система кинетических уравнений относительно концентраций инициаторов, мономера, моментов молекулярно-массового распределения имеет вид:

$$dI/d\tau = -a \cdot k_i \cdot I^a \cdot J^b; \quad (1)$$

$$dJ/d\tau = -b \cdot k_i \cdot I^a \cdot J^b; \quad (2)$$

$$dCC/dt = -(k_p + k_M) \cdot C \cdot \mu_0; \quad (3)$$

$$d\mu_0/d\tau = W_i - k_{td} \cdot \mu_0^2; \quad (4)$$

$$d\mu_1/d\tau = W_i - k_{td} \cdot \mu_0\mu_1 + k_p C \cdot \mu_0 + k_M C \cdot \mu_0 - k_M C \cdot \mu_1; \quad (5)$$

$$d\mu_2/d\tau = W_i - k_{td} \cdot \mu_0\mu_2 + k_p C \cdot (\mu_0 + 2\mu_1) + k_M C \cdot (\mu_0 - \mu_2); \quad (6)$$

$$d\lambda_0/d\tau = k_{td} \cdot \mu_0^2 + k_M C \cdot \mu_1; \quad (7)$$

$$d\lambda_1/d\tau = k_{td} \cdot \mu_0\mu_1 + k_M C \cdot \mu_1; \quad (8)$$

$$d\lambda_2/d\tau = k_{td} \cdot \mu_0\mu_2 + k_M C \cdot \mu; \quad (9)$$

$$W_i = f_i \cdot k_i \cdot I^a \cdot I^b; \quad (10)$$

$$k_p^0 = 0,8 \cdot 10^7 \cdot \exp(-11700/R^*T); \quad (11)$$

$$k_{td}^0 = 6,8 \cdot 10^{11} \cdot \exp(-11700/R^*T); \quad (12)$$

$$k_i = 1,039 \cdot 10^8 \cdot \exp(-42000/R^*T); \quad (13)$$

$$k_{td}/k_{td}^0 = 1/(1 + 122,2 \cdot B^2); \quad (14)$$

$$f_i / f_i^0 = 1 / (1 + c \cdot B^m); \quad (15)$$

$$m = 4 + 0,2 \cdot t; \quad (16)$$

$$c = 121767 + 0,395 \cdot t^3 - 23202 \cdot t^{0,5} + 1,418 \cdot 10^{14} \cdot e^{-t}; \quad (17)$$

$$t \in [20; 40] \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$c = 5,1 \cdot 10^7 \cdot \exp(-0,3 \cdot t), \quad t > 40^\circ\text{C}; \quad (18)$$

$$B = 1 - C/C_0, \quad (19)$$

со следующими начальными условиями:

$$\mu_0(0) = \mu_1(0) = \mu_2(0) = \lambda_0(0) = \lambda_1(0) = \lambda_2(0) = 0, C(0) = C_0, I(0) = I_0, J(0) = J_0 \quad (20)$$

В этих уравнениях C – концентрация мономера, моль/л; I, J – концентрации компонентов иницирующей системы: окислителя и восстановителя, соответственно, моль/л; k_i – константа скорости иницирования, с^{-1} ; k_m – константа передачи цепи на мономер, л/(моль·с); k_p – константа скорости роста цепи, л/(моль·с); k_{td} – константы скорости обрыва цепи путем диспропорционирования, л/(моль·с); f_i – эффективность иницирования; μ_k, λ_k – моменты молекулярно-массового распределения k -того порядка для растущих и нерастущих цепей, соответственно; V – степень превращения, доли; t, T – температура, $^{\circ}\text{C}, \text{K}$; τ – время, с; x, y, z – декартовы координаты; W_i – скорость иницирования, моль/(л·с).

Разработанная математическая модель кинетики включает в себя кинетические уравнения относительно концентраций инициаторов, мономера, моментов молекулярно-массового распределения. В кинетической модели учтены реакции иницирования, роста и обрыва цепи, реакции передачи цепи на мономер. Спецификой полимеризации до глубоких степеней превращения является зависимость значений эффективных констант скоростей элементарных реакций от глубины превращения мономера, что обусловлено высокими вязкостями реакционной системы. Кинетические кривые опытов показали, что диффузионный контроль реакций обрыва начинается уже при небольших степенях превращения. По истечении примерно 1200 секунд процесса скорость полимеризации начинает быстро уменьшаться. В высоковязкой среде становятся малоподвижными не только макрорадикалы, но также молекулы мономера и первичные радикалы, что приводит к уменьшению эффективных констант скоростей элементарных реакций. Диффузионные явления в математической модели учтены функциональными зависимостями (14) – (19).

Зная значения начальных моментов молекулярно-массового распределения, можно вычислить среднечисловую и среднемассовую молекулярные массы, коэффициент полидисперсности.

По результатам анализа экспериментальных исследований кинетики при получении полиакриламида в концентрированных водных растворах рекомендованы следующие технологические параметры процесса: температура процесса 30°C , концентрации – персульфата калия $4,4 \cdot 10^{-3}$ моль/л, тиосульфата натрия $3,2 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

Из результатов проведенных исследований кинетики при синтезе полиакриламида следует, что увеличение времени процесса сополимеризации свыше 20 мин не оказывает существенного влияния на изменение вязкости раствора, а степень превращения продолжает возрастать, что приводит к

каучукоподобному состоянию продукта и затрудняет его удаление из аппарата при синтезе полиакриламида в условиях производства.

Это обстоятельство свидетельствует о преимуществе двухстадийного способа, по которому форполимер получается в квазиизотермических условиях, а дальнейшее проведение процесса полимеризации осуществляется совместно с удалением влаги из материала в сушилке [4, 5, 6].

Получено уравнение, устанавливающее взаимосвязь вязкости 1%-ного водного раствора реакционной массы, степени превращения (B) и средней молекулярной массы продукта ($\bar{M}$):

$$\eta_{уд} = (\eta - \eta_0) / \eta_0 = 70 \cdot 10^{-6} \cdot (B \cdot \bar{M})^{1,52} \quad (21)$$

При разработке математических моделей, устанавливающих влияние добавок определенных количеств полимера в поток воды на пропускную способность трубопроводов, необходимо знание значений вязкости для водных растворов полимеров разных концентраций. Проведенные экспериментальные исследования позволили получить зависимость приведенной вязкости от концентрации водного раствора полимера. На рис. 2 представлен график зависимости для полиакриламида.

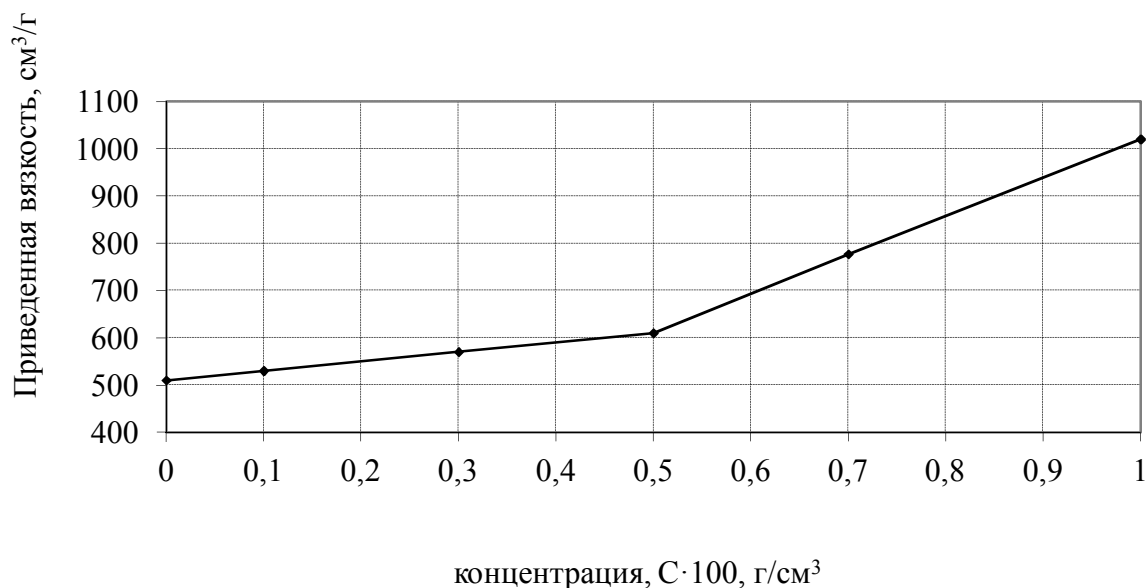


Рис. 2. Зависимость приведенной вязкости от концентрации полимера в растворе

Исследования по наблюдению за профилем осредненных скоростей показали, что в потоке воды с добавкой малых концентраций полимера происходит утолщение ламинарного пограничного слоя (гашение турбулентных пульсаций). Причем этот эффект лучше наблюдается в трубах малого диаметра, поскольку пограничный слой в них составляет большую часть полного потока.

В ходе опытов осуществлялся подбор концентраций, при которых эффект снижения гидравлического сопротивления для данной трубы и скорости течения будет максимальным, т.е. когда течение водного раствора полимера по всему сечению потока становится ламинарным.

Автоматическое введение в поток воды растворов полимеров может быть осуществлено с помощью специальных дозирующих устройств, применяемых в установках водопенного тушения пожаров [1].

На рис. 3 представлены характеристики системы, на которую работает насос в случае транспортировки воды и в случае добавки в поток полиакриламида в количестве 0,02 % при его дозировании перед насосом и после него.

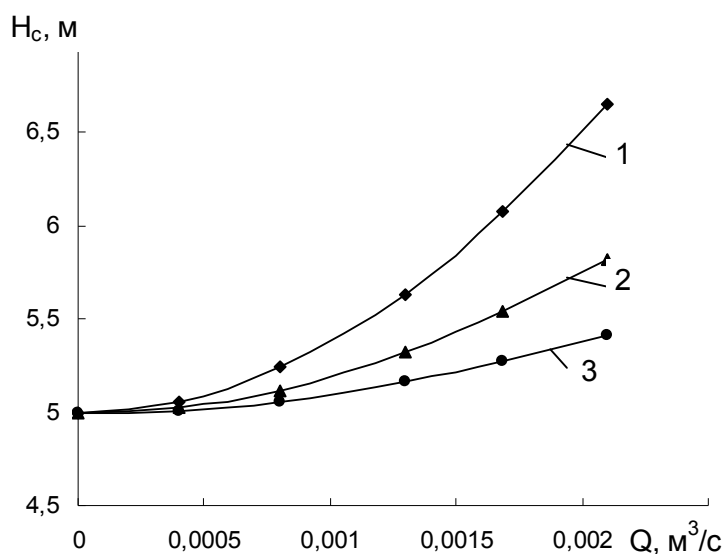


Рис. 3. Характеристики системы: 1 – транспортировка по сети воды; 2 – вода с добавкой полиакриламида при его дозировании перед насосом; 3 – вода с добавкой полиакриламида при его дозировании после насоса. Диаметры трубопроводов 0,05 м

Добавление в поток воды малых количеств полиакриламида способствует повышению пропускной способности трубопроводов спринклерных и дренчерных установок водяного пожаротушения почти в

2 раза. Малые концентрации растворенного полимера позволяют снизить сопротивление трения в турбулентном потоке в 3–4 раза. Потери напора в пожарных рукавах при добавках получаемых полимеров уменьшаются примерно на 50 %. Таким образом, при тех же затратах электроэнергии дальность пожарной струи будет значительно увеличиваться. Как показали исследования, введение добавок полимера перед насосом позволяет снизить гидравлические потери в трубах на 40–50 %, а при дозировании после насоса – на 60–70 %, что объясняется его деструкцией при прохождении раствора через насос.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Противопожарное водоснабжение: учебник / Ю. Г. Абросимов [и др.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2008. 391 с.
2. Полиакриламид / Л. И. Абрамова [и др.]; под ред. В. Ф. Куренкова. М.: Химия, 1992. 192 с.
3. Малкин А. Я., Бегиев В. П. Химическое формование полимеров. М.: Химия, 1991. 240 с.
4. Бубнов В. Б. Разработка аппаратурно-технологического оформления процессов синтеза водорастворимых полимеров на основе акриламида – агентов, повышающих пропускную способность трубопроводов спринклерных и дренчерных установок пожаротушения // Пожарная и аварийная безопасность объектов: материалы второй международной научно-практической конференции. Иваново: ИВИ ГПС МЧС России, 2007. С. 93–98.
5. Бубнов В. Б., Липин А. Г., Шубин А. А. Двухстадийный процесс синтеза полиакриламида // Процессы в дисперсных средах: межвуз. сборник научных трудов. Иваново: ИГХТУ, 2002. С. 23–28.
6. Патент № 2000119001(019887) РФ, МКИ⁵ С 08 F 20/06. Способ получения водорастворимых (со)полимеров акрилового ряда / Бубнов В.Б., Шубин А.А., Липин А.Г., Лебедев В.Я., Швецов О.К., Швейкина Ю.Е. Выд. от 21.05.02.
7. Степанов Е. В., Бубнов В. Б. Снижение гидравлического сопротивления при введении в поток воды высокомолекулярных полимеров // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: материалы IV Всеросс. научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. С. 2018–220.
8. Скрининг микроорганизмов-деструкторов акриловой кислоты и ее производных / С. В. Леонтьева [и др.] // Химия и химическая технология: материалы науч.-практ. конф. Уфа, 2002. С. 98.
9. Труфакина Л. М., Юдина Н. В. Деструкция гелей полиакриламида // Деструкция и стабилизация полимеров: тез. докладов 9-й конф. М., 2001. С. 203–204.

10. *Шаптала М. В., Скушникова А. И.* Экологические аспекты использования водорастворимых полимеров акриламида в пожаротушении // Молодежь XXI века: материалы VII регион. межвуз. науч.-практ. конф. Благовещенск, 2006. С. 129–130.

Stepanov Egor Vladimirovich

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: stepanov9619@mail.ru

Bubnov Vladimir Borisovich

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

Research of conditions of synthesis of polyacrylamide and its use in the systems of water fire extinguishing

Abstract. In the presented material results of a research of technology of receiving water-soluble polyacrylamide polymer, and also a possibility of its use in fire extinguishing systems are stated.

Introduction of particular amounts of polymers to water flow can exert various impact on the size of hydraulic resistances in pipelines of sprinkler and drencher installations of fire extinguishing and in fire hoses. In turn what indexes the received polymer will possess, depends on a look, concentration of initial monomers, the corresponding selection of components of the initiating system, technological parameters, such as temperature at which process, and design data (the sizes of structural elements of the designed inventory), a response time of a synthesizable product in installation devices is carried out.

Complex experimental and numerical studies have been carried out, which made it possible to recommend the technological parameters of the polyacrylamide synthesis process. Numerical studies were carried out based on the developed kinetic model of the process.

An analysis of the results of experimental studies has also made it possible to recommend the conditions for the use of polyacrylamide in water extinguishing systems. Ключевые слова: полиакриламид; процесс полимеризации; кинетика синтеза; математическая модель, гидравлические потери.

Keywords: polyacrylamide; polymerization process; synthesis kinetics; mathematical model, hydraulic losses.

REFERENCES

1. Protivopozharnoe vodosnabzhenie: uchebnik / Ju. G. Abrosimov [i dr.]. M: Akademiya GPS MChS Rossii, 2008. 391 s.

2. Poliakrilamid / L. I. Abramova [i dr.]; pod red. V. F. Kurenkova. M.: Himija, 1992. 192 s.

3. Malkin A. Ja., Begishev V. P. Himicheskoe formovanie polimerov. M.: Himija, 1991. 240 s.

4. Bubnov V. B. Razrabotka apparaturno-tehnologicheskogo oformlenija proces-sov sinteza vodorastvorimyh polimerov na osnove akrilamida – agentov, povyshaju-shhih propusknuju sposobnost' truboprovodov sprinklernyh i drenchernyh ustanovok pozharotushenija // Pozharnaja i avariijnaja bezopasnost' ob#ektov: materialy vtoroj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Ivanovo: IvI GPS MChS Rossii, 2007. S. 93–98.

5. Bubnov V. B., Lipin A. G., Shubin A. A. Dvuhstadijnij process sinteza poli-akrilamida // Processy v dispersnyh sredah: mezhvuz. sbornik nauchnyh trudov. Iva-novo: IGHTU, 2002. S. 23–28.

6. Patent № 2000119001(019887) RF, MKI5 S 08 F 20/06. Sposob poluchenija vodorastvorimyh (so)polimerov akrilovogo rjada / Bubnov V.B., Shubin A.A., Li-pin A.G., Lebedev V.Ja., Shvecov O.K., Shvejkin Ju.E. Vyd. ot 21.05.02.

7. Stepanov E. V., Bubnov V. B. Snizhenie gidravlicheskogo soprotivlenija pri vvedenii v potok vody vysokomolekuljarnyh polimerov // Aktual'nye voprosy so-vershenstvovanija inzhenernyh sistem obespechenija pozharnoj bezopasnosti ob'ektov: materialy IV Vseross. nauchno-prakticheskoy konferencii. Ivanovo: Ivanovskaja po-zharno-spasatel'naja akademija GPS MChS Rossii, 2016. S. 2018–220.

8. Skringing mikroorganizmov-destruktorov akrilovoj kisloty i ee proiz-vodnyh / S. V. Leont'eva [i dr.] // Himija i himicheskaja tehnologija: materialy nauch.-prakt. konf. Ufa, 2002. S. 98.

9. Trufakina L. M., Judina N. V. Destrukcija gelej poliakrilamida // Dest-rukcija i stabilizacija polimerov: tez. dokladov 9-j konf. M., 2001. S. 203–204.

10. Shaptala M. V., Skushnikova A. I. Jekologicheskie aspekty ispol'zovanija vodorastvorimyh polimerov akrilamida v pozharotushenii // Molodezh' XXI veka: materialy VII region. mezhvuz. nauch.-prakt. konf. Blagoveshensk, 2006. S. 129–130.

Рецензент: заведующий кафедрой гидравлики, теплотехники и инженерных сетей, доктор технических наук, профессор Н. Н. Елин (ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»)